Actas del Primer Congreso Nacional de

Historia de la construcción

Madrid
19 al 21 de septiembre de 1996

CEHOPU
Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo

CEDEX
Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas

Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente

Instituto
Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA

TEORÍA E HISTORIA DE LAS CONSTRUCCIONES
(en coedición con el CEHOPU)

A. Choisy. *El arte de construir en Roma.* (en preparación)
A. Choisy. *El arte de construir en Bizancio.* (en preparación)
J. Heyman. *Teoría , historia y restauración de estructuras de fábrica.*
S. Huerta. *Arcos , bóvedas y cúpulas.* (en preparación
E. Viollet-le-Duc. *La construcción medieval.*

ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA

T. Anasagasti. *La enseñanza de la arquitectura.*
J. García-G. Mosteiro (ed.). *Cuaderno de apuntes de construcción de Luis Moya.*

MONOGRAFÍAS

M. Seguí (ed.). *Félix Candela, arquitecto.*

TEXTOS SOBRE TEORÍA E HISTORIA DE LAS CONSTRUCCIONES
Colección dirigida por Santiago Huerta Fernández

A. Choisy. **El arte de construir en Roma.** (en preparación)

A. Choisy. **El arte de construir en Bizancio.** (en preparación)

J. Heyman. **Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica.**

S. Huerta. **Arcos, bóvedas y cúpulas.** (en preparación)

E. Viollet-le-Duc. **La construcción medieval.**

Actas del Primer Congreso Nacional de

Historia de la construcción

PRIMER CONGRESO NACIONAL DE HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN
Organizado por el el Instituto Juan de Herrera y el Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid 19 al 21 de septiembre de 1996. Salón de actos de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Comité organizador

Ricardo Aroca Hernández-Ros
Antonio de las Casas Gómez
Santiago Huerta Fernández
Cristina Jorge Camacho
Enrique Rabasa Díaz

Comité científico

Ricardo Aroca Hernández-Ros
José Calavera Ruiz
Antonio de las Casas Gómez
Antonio Castro Villalba
Hugo Corres Peiretti
Manuel Durán Fuentes
José A. Fernández Ordóñez
Rafael García Diéguez
Santiago Huerta Fernández
Pedro Navascués Palacio
Enrique Nuere Matauco
Francisco Ortega Andrade
Ignacio Paricio Ansuátegui
Salvador Pérez Arroyo
Enrique Rabasa Díaz
Antonio Ruiz Hernando
Javier Torres Ruiz
Luis Villanueva Domínguez

Actas del Primer Congreso Nacional de

Historia de la construcción

Madrid, 19-21 de septiembre de 1996

edición a cargo de:
Antonio de las Casas Gómez
Santiago Huerta Fernández
Enrique Rabasa Díaz

prólogo de:
Ricardo Aroca Hernández-Ros
Antonio de las Casas Gómez







Instituto
Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid

NIPO: 163-96-011-7
ISBN: 84-7790-252-6
Depósito Legal: M.-31.463-1996
Cubierta: Bajorrelieve de una lápida romana. Dibujo de J. Durm *Die Baukunst der Etrusker und Römer.* (Leipzig: 1905)
Fotocomposición e impresión:
EFCA, S. A. Parque Industrial Las Monjas
28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)

Índice

Prólogo

El objetivo de este Congreso es promover y difundir los estudios sobre Historia de la Construcción. El CEHOPU y el Instituto Juan de Herrera llevan varios años aunando esfuerzos en esta dirección y fruto de esta colaboración es un convenio editorial para publicar «Textos sobre teoría e historia de las construcciones», ya con dos títulos publicados y tres más previstos para el presente año. Este Congreso es una etapa natural dentro del camino emprendido.

La Historia de la Construcción debe salvar el foso que separa el arte de la técnica. Debe estudiar la interrelación entre ambos, tanto en la arquitectura como en la ingeniería. Proporciona datos útiles para el historiador del arte, para el técnico que trabaja en la restauración de monumentos, para el arqueólogo, etc. Sin embargo, no se trata de una «ciencia auxiliar», no se justifica por su utilidad: es interesante en sí misma, en cuanto que amplía nuestro conocimento y mejora nuestra comprensión de las antiguas construcciones. Además el entendimiento de la influencia de las técnicas constructivas en el proceso de la creación de las obras de ingeniería y arquitectura del pasado puede ser útil a la hora de interpretar la situación actual.

Como toda disciplina, la Historia de la Construcción tiene su ámbito propio, su metodología. Exige tanto conocimientos de historia como de técnica y procesos constructivos. Es posible que esta doble exigencia, difícil de satisfacer, sea la que ha limitado hasta el momento los estudios sobre historia de la construcción. A esto habrá que añadir, quizá, el «clásico» desprecio de los aspectos manuales y técnicos frente a los intelectuales y artísticos. Es un hecho curioso que cuando los mejores técnicos y artesanos del pasado cogían la pluma no era para escribir sobre su arte sino para especular sobre lo que consideraban temas más elevados. Basta comparar la apenas docena de textos técnicos de la antigüedad (Vitruvio, Frontino, Herón, etc.) con los centenares de libros sobre ciencia y filosofía.

La Historia de la Construcción no es una disciplina nueva. Los arquitectos e ingenieros de la segunda mitad del siglo XIX escribieron los primeros trabajos: hay que citar en particular a Auguste Choisy y Eugéne Viollet-le-Duc, entre muchos otros, que intentaron comprender las edificaciones considerando también los condicionantes constructivos. La aparición de nuevos materiales y técnicas constructivas desplazó la atención del pasado al presente y el interés por la historia de la construcción descendió hasta casi desaparecer.

El decenio 1980-90 ha visto un renacimiento internacional del interés sobre la Historia de la Construcción: libros, coloquios, simposios, nuevas revistas y asociaciones, han surgido por doquier tanto en América como en Europa. Parece oportuno, pues, aprovechar este impulso para fomentar también en España esta disciplina. Sin embargo, la Historia de la Construcción no ha adquirido en las universidades europeas un rango académico equivalente al que, por ejemplo, tiene la Historia de la Ciencia. Esta es la tarea que queda por hacer y sería deseable que una futura Sociedad Española de Historia de la Construcción agrupara a las personas con un interés activo en promover esta disciplina.

Ricardo Aroca Hernández-Ros
Antonio de las Casas Gómez

Nota de los editores

El presente volumen recoge las comunicaciones aprobadas por el Comité Científico del Congreso. La diversidad de temas y de enfoques es un reflejo de la apertura que ha presidido las reuniones. Así, creemos que el presente volumen puede servir para hacerse una idea del estado de la Historia de la Construcción en España.

Durante el proceso de edición se han realizado pequeñas modificaciones con vistas a conseguir una uniformidad que facilite la lectura, pero el contenido de las comunicaciones es el presentado por los autores en su integridad. Los editores han contado con la ayuda inestimable del personal del CEHOPU. Querríamos agradecer la colaboración de Maribel Cabrejas, Eva Calvo y Cristina Jorge. El trabajo de Marta García merece una mención especial: sin su interés y dedicación probablemente estas Actas no hubieran estado listas en la fecha prevista.

Antonio de las Casas Gómez
Santiago Huerta Fernández
Enrique Rabasa Díaz

Programa

Sesión 1.A
Construcciones en tapial y fortificaciones Presidente: R. García Diéguez

Sesión 1.B
La construccion en la prehistoria y la antigüedad clásica Presidente: F. Ortega Andrade

Sesión 2.A
Puentes: construcción y proyecto Presidente: J.A. Fernández Ordóñez

Sesión 5.A

Materiales tradicionales. Muros Presidente: J. Torres Ruiz

Sesión 5.B

La construcción en la edad moderna Presidente: S. Pérez Arroyo

Sesión 6.A

Caminos, obras hidráulicas y puertos Presidente: M. Durán Fuentes

Sesión 6.B

La construcción en los siglos XIX y XX Presidente: P. Navascués Palacio

Sesión 7.A
Tratados y fuentes de Historia de la Construcción Presidente: I. Paricio Ansuátegui

Sesión 7.B
Espacio y geometría Presidente: E. Rabasa Díaz

Sesión 8.A
Armaduras de cubierta Presidente: E. Nuere Matauco

Muelles de hierro del siglo XIX. El muelle-embarcadero de hierro del puerto de la Coruña

Juan R. Acinas
Gregorio Iglesias

En el siglo XIX aparece una tipología de muelle específica, a la que se comienza a nominar como muelle de hierro o muelle-embarcadero de hierro. Surge como respuesta lógica a las nuevas necesidades de explotación de los puertos, a la disponibilidad de un nuevo material estructural —el hierro— y a la aparición de nuevos medios de carga y descarga movidos por vapor. Además, todo ello se ve acompañado de la llegada del ferrocarril a las ciudades portuarias que, con su alto grado de complementariedad con el transporte marítimo, crea la necesidad de disponer rápidamente de muelles con calados mayores.

Esta nueva tipología se proyecta tanto en puertos comerciales como industriales; el empleo del hierro trae consigo la aparición de nuevos elementos estructurales, procedimientos de construcción y sistemas de carga y descarga —incluyendo maquinaria para servicio de la mercancía general y de la generada por explotaciones mineras—. Su construcción corre, en unas ocasiones, a cargo del Estado; en otras, bastante abundantes, de compañías mineras.

En La Coruña se proyectan, al menos, cuatro muelles-embarcaderos de hierro, de los que se construyen dos. El de mayor envergadura, proyectado en 1860, se ubica en el puerto de La Coruña; el otro, en el próximo núcleo de población de Santa Cristina. Desempeñan ambos —y sobre todo el primero— una función muy importante tanto para el puerto como para la ciudad; y así queda constatado en el agradecimiento que el ayuntamiento popular de la ciudad de La Coruña, en sesión extraordinaria, hace al Sr. Ingeniero Jefe de Obras Públicas de la provincia «por haberse concluido y puesto al servicio del público el muelle-embarcadero de hierro».

De esa misma época, aunque ligeramente posteriores, podemos nombrar como representativos y con diferencias claras en su concepción: en Huelva, el embarcadero de la Río Tinto Company Limited (1876), el muelle público de hierro (1888) y el muelle-embarcadero sobre pilotes de hierro del Plan General de Muelles (1901); y en Portugalete, dentro del proyecto de mejora de la ría, el muelle de encauzamiento que lleva un entramado de hierro sobre basamento de escollera.

A la presentación de esta tipología especial de muelle y de los elementos estructurales, constructivos y de servicio que incorpora se dedicará esta ponencia. Además, se presentará y analizará con especial cuidado el muelle-embarcadero de hierro del puerto de La Coruña.

Creación del frente marítimo de la ciudad de La Coruña

Es el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos Celedonio de Uribe y Urtiquiain quien con su «Proyecto de Malecón para el Puerto de La Coruña», aprobado por Real Orden de 7-VIII-1860, inicia y realiza una labor de ordenación del litoral en La Coruña y crea la fachada marítima de la ciudad. Ésta y su puerto son todavía deudores del proyecto citado.

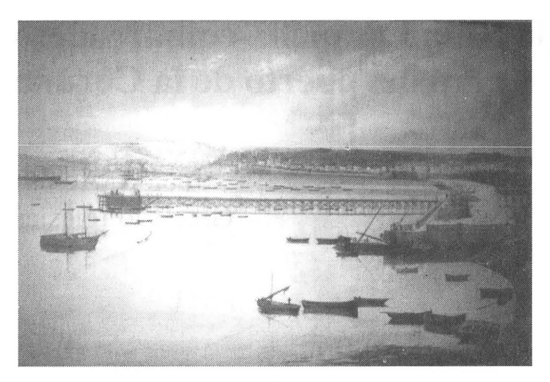


Figura. 1
Vista general del puerto con el Malecón y el Muelle-Embarcadero de Hierro, según cuadro que se conserva en la Autoridad Portuaria de La Coruña

El inicio del ensanche de La Coruña se puede situar en el año 1840, con el derribo de sus murallas interiores y la pretensión de ganar terrenos al mar mediante el relleno de la ribera oriental del barrio de la Pescadería, situado en el istmo arenoso de la península que soporta a la ciudad. Con este relleno se trata de superar el pretil, obra del ingeniero militar Vergel, que desde 1740 protegía el barrio del mar y servía al comercio marítimo.

El proyecto de Uribe, frente a otras alternativas, consigue dar respuesta a las necesidades portuarias y urbanísticas, además de lograr una insuperable fachada marítima para la ciudad. El malecón se prolonga desde el Baluarte del Parrote hasta la Batería de Salvas, o sea, desde la actual Solana en el Hotel Finisterre hasta la sede de la Comisaría Superior de Policía en la calle Alférez Provisional. Además, en el proyecto quedan reflejadas las precocupaciones de C. Uribe en materia ambiental, al eliminar puntos de vertido incontrolado, y de transporte, al prever la conexión futura del puerto con el ferrocarril.

El trazado poligonal del malecón, con sus 950 m de desarrollo, define la fachada marítima de la ciudad, delimitándose claramente la zona terrestre que se considera necesaria para el servicio del puerto. Esta zona está formada por una faja de 20 m contigua al cantil del malecón y dos amplias plazas —de la Aduana y del Cantón—. (P1) Para el servicio de las embarcaciones se proyectan, partiendo de esas plazas, sendos embarcaderos o muelles de hierro gemelos, en perpendicular a la correspondiente alineación del malecón. El primero, en la plaza de la Aduana —actual paseo de la Marina—, de 200 m de longitud; el segundo, de 100 m, no llegó a construirse.

Una vez situado el muelle de hierro en su entorno, pasamos a describir sus características.

El muelle-embarcadero de hierro del puerto de La Coruña

El puerto de La Coruña, como se ha comentado, carece en 1860 de medios para efectuar con facilidad las operaciones de carga y descarga, e incluso de embarque y desembarque de personas. En ese año, el puerto —uno de los principales de la Península— sólo dispone de cinco pequeñas rampas adosadas a la muralla, de las cuales dos están destinadas al comercio general; otras dos a cal, leña, madera y otros artículos de consumo diario; y la última —situada en el cantón de Laci— al pescado.

Todas estas rampas quedan en seco en marea baja, dejando una playa considerable entre la punta del Parrote y el parque de los ingenieros militares, por lo que el puerto carece de muelles o embarcaderos donde se pueda atracar de modo continuo.

Para solucionar estos problemas, Celedonio de Uribe proyecta dos embarcaderos y el malecón que ya hemos citado.

El «Proyecto de Muelles-Embarcaderos con Pilotes de Hierro para el Puerto de La Coruña» forma parte del «Proyecto de Malecón» y pretende, mediante la construcción del muelle de la Aduana, dar

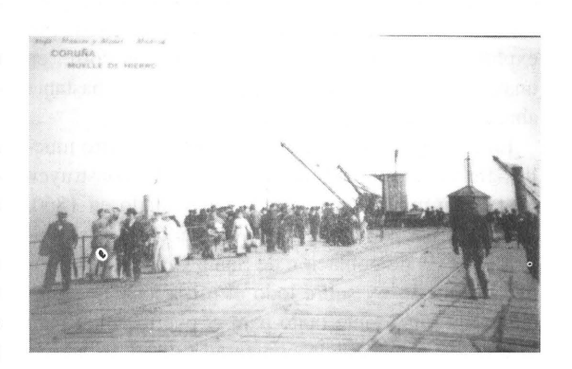


Figura. 2
El Muelle-Embarcadero de Hierro a finales del s. XIX

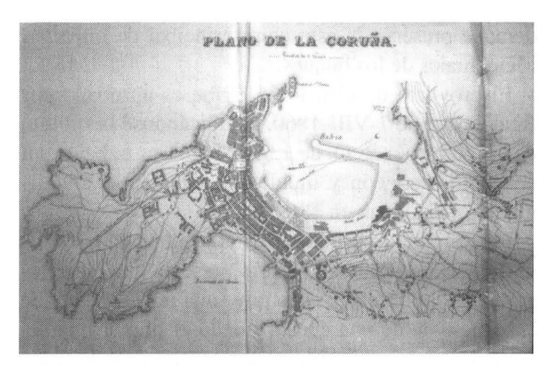


Figura. 3
Plano de La Coruña. Puede apreciarse la situación estratégica del Muelle-Embarcadero de Hierro

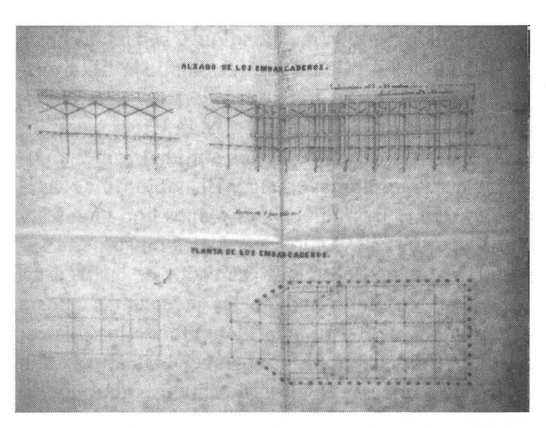


Figura. 4
Alzado y Planta del Embarcadero. Proyecto de C. Uribe (1860)

servicio al comercio general del puerto; mientras que el segundo, situado en el extremo del cantón de Porlier, se destina a los artículos menores y de consumo diario. Con esta disposición, el centro del movimiento comercial del puerto y de la población queda comprendido entre ambos embarcaderos.

El muelle de la Aduana está destinado a los buques de mayor porte, por lo que se proyecta con un calado en su extremo de 1,65 m en la mayor bajamar y de 2,50 m en la ordinaria, siendo la máxima carrera de marea de 4,50 m. Teniendo en cuenta el perfil del fondo, resulta un muelle de 200 m de longitud. En cuanto al muelle del cantón, destinado a buques de menor porte, se considera suficiente la longitud de 100 m.

Como puede comprobarse en el alzado y planta de los muelles, su tipología sigue la de los embarcaderos que surgen en el Sur de Inglaterra a principios del XIX; en madera primero, para pasar rápidamente a emplear el hierro, con sus características columnas y vigas en celosía.

El muelle-embarcadero de la Aduana está formado por 40 filas de pilotes de hierro, con 4 cada una, excepto en la zona del embarcadero, donde en una longitud de 31 m el muelle se ensancha y aparecen 6 pilotes por fila. Con ello, el número total de pilotes de hierro empleados es de 174. Éstos deben asegurar la estabilidad de la obra mediante una buena sustentación y agarre al subsuelo.

De los tres métodos constructivos más empleados para hincar los pilotes, a saber: pilotes roscados, inyección de agua a presión y percusión; en este muelle, a partir de los planos que se conservan en el Puerto, se deduce que se empleó el primero. Para ello, el pilote dispone en su extremo inferior de una hélice. La hinca se hace mediante giro, bien con un cabrestante, bien manualmente. El fondo del puerto de La Coruña está formado por masas de arcilla dura cubiertas de fango y arena, y de grandes cantidades de restos de conchas, por lo que es adecuado para soportar este método constructivo.

En el muelle se distinguen claramente dos tramos: pantalán y embarcadero. El pantalán, que une el embarcadero con el malecón y es perpendicular a la alineación de éste, tiene una longitud de 165 m y

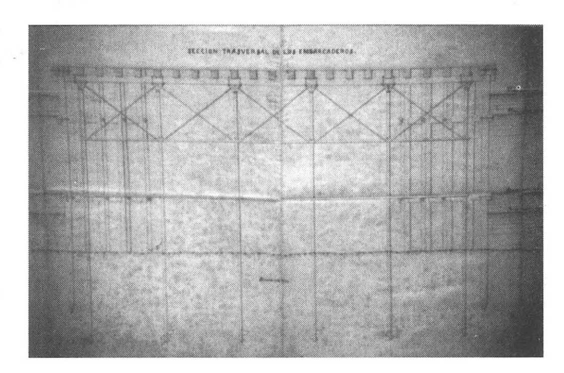


Figura. 5
Sección Transversal del Embarcadero. Proyecto de C. Uribe (1860)

está formado por 33 filas de pilotes, separadas entre sí 5 m. De los 4 pilotes que forman cada fila transversal al pantalán, los centrales son verticales, mientras que los dos extremos están ligeramente inclinados, a fin de conseguir estabilidad frente a posibles acciones transversales. El conjunto se rigidiza mediante la unión en tres planos horizontales y con cruces de San Andrés verticales en su parte superior, según aparecen en los alzados de las figuras. Sobre este conjunto apoyan las jácenas de celosía —de madera— atornilladas al capitel de los pilotes; a su vez, sobre estas vigas transversales al pantalán se tienden once vigas longitudinales, también de madera —pino tea-. De este modo se construye una plataforma de 10,7 m de ancho, que se completa con un entarimado, dos vías centrales y dos aceras en los bordes con sendas barandillas de hierro en su parte exterior.

El tramo de embarcadero está formado por 7 filas de pilotes, con 5 unidades cada fila, formando un entramado análogo al anterior, aunque más ancho. Además, para facilitar las operaciones de carga y descarga y el atraque de los buques, se han eliminado las barandillas y se ha incorporado una palizada de defensa en todo el contorno, separada 1 m de la estructura de pilotes. Con ésta, realizada con pilotes de madera, se preserva la estructura principal de impactos accidentales de los buques.

El proyecto de Celedonio Uribe es aprobado por Real Orden de 7-VIII-1860, adjudicándose la subasta de las obras por R. O. de 13-X-1860. Los trabajos del conjunto, malecón y muelle, comienzan el año siguiente y finalizan en 1869.

En conjunto, y según puede apreciarse en las fotografías, el muelle-embarcadero presenta una morfología muy equilibrada y constituye una muestra clara de la tecnología de una época, siendo el primer muelle-embarcadero de hierro que se construye en España.

De la importancia que ya en su época se dio a la obra da cuenta el «Libro de Acuerdos Municipales», en el que se puede leer cómo el «Excmo. e Ilmo. Ayuntamiento popular de la ciudad de La Coruña», en sesión extraordinaria del lunes 10 de octubre de 1870, acordó «dar gracias al Sr. Ingeniero Jefe de Obras Públicas de la provincia D. Celedonio Uribe por haberse concluido y puesto ya al servicio del público el muelle-embarcadero de hierro de este puerto; mediante sus incesantes gestiones, impulsadas por el interés que tiene demostrado en favor de esta población, ha podido conseguir la terminación de esta obra, venciendo las dificultades que a ello oponían las escaseces que viene experimentado el tesoro público.»

La muralla de Oviedo: construcción, arreglos y desarreglos

Gema E. Adán Alvarez

CRÓNICA HISTÓRICA E HISTORIOGRAFICA DE LOS AMURALLAMIENTOS

Para centrar nuestro recorrido histórico por las defensas pétreas ovetenses recordar que, en general, se acepta como punto de arranque de la ciudad la fecha del 761, fecha en la que se asientan en una pequeña colina los monjes Máximo y Fromestano (García Larragueta 1962a; Floriano Cumbreño 1964; Uría Ríu 1974; Rodríguez Balbín 1977; Benito Ruano 1970; Ruiz de la Peña 1992). La existencia de un Oviedo anterior al s. VIII de fundación romana es defendida por Fdez-Buelta y Hevia (1984)[1] y González García (1984).

El enclave de vías que parece ser la ciudad de Oviedo[2] llama la atención del rey Fruela (757/768), monarca que levanta la primitiva basílica de S. Salvador. Pero el florecimiento definitivo llega de la mano de Alfonso II (791 - 842): traslada la corte a Oviedo y planifica una serie de construcciones que configurarán la sede regia. Este núcleo junto con el antiguo monasterio de San Vicente (781) se cerrará mediante una muralla de cuyo trazado se sugieren diversos diseños (Uría Ríu 1967; Selgas 1908; Casielles 1959; figura 1). Las actuales intervenciones arqueológicas, principios de los noventa, tampoco solucionan el problema del recorrido ni el de la morfología.[3]

Las edificaciones erigidas más adelante por Alfonso III (866/910) no parecen alterar sustancialmente la urbe regia anterior. Este monarca parapeta Oviedo con el objeto de preservar las nuevas construcciones adyacentes a la hierápolis de los ataques normandos (García Larragueta 1962a; Floriano Cumbreño 1964; Uría Ríu 1964). Sin embargo otros investigadores no creen que dicha cerca fuese izada (Rodríguez Balbín 1977) o que configurase un perímetro amurallado (García Larragueta 1962b). Nuevamente las aleatorias intervenciones arqueológicas no solucionan las controvertidas referencias históricas. El primer vestigio material de la cerca proviene de Carvallo (1695) al reconocer una inscripción aparecida en la capilla del Rey Casto de la Catedral (parte septentrional) en la que se menciona el alzamiento de esta nueva muralla circunscrita a los edificios que ocupaban el solar catedralicio. Dicha piedra sería un resto de la misma. En un informe arqueológico sobre la contigua «Plaza de los Reyes» de Fortea Pérez,[4] se citan unos muros dispuestos en ángulo recto y material (huesos humanos, cerámicas, ladrillos, tejas ...) de épocas diversas, sin sugerir cual sería la naturaleza de los paños (¿iglesia, cerca etc.?). Más adelante Selgas (1908) alude a un muro sito a los pies de S. Tirso que asocia con la defensa del rey Magno. Sin embargo recientes intervenciones en el imafronte de la Iglesia no habían localizado tal tabique.[5] También Casielles (1959) certifica unos arranques de la muralla de Alfonso III, descubiertos cuando se ensanchó la calle Jovellanos en 1937/38, y que habrían servido de cimientos al monasterio de Las Pelayas. Una vez más tanto los seguimientos arqueológicos, de los que tenemos sólo relación oral,

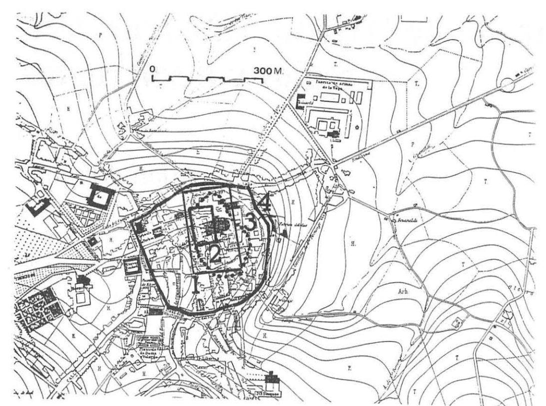


Figura 1
Mapa de Oviedo de 1869 y el dibujo de las diversas cercas de la urbe: 1. Muralla de Alfonso II según Uría Ríu. 2. Muralla de Alfonso II según Selgas. 3. Muralla de Alfonso II según Casielles. 4. Muralla de Alfonso X

como las excavaciones (Maradona, Martínez, Alonso 1991) no aclaran la génesis ni conexión de los dos lienzos reconocidos en la parte N. del casco antiguo.

Antes de considerar el último amurallamiento, cabría traer a colación la controversia que suscitan varios paños intramuros al cercado bajomedieval (figura 2). Uno (*v*) estaría sito cerca de la entrada de la capilla de la Balesquida (Requejo Pagés 1994). El segundo apareció en la C/ Los Huevos (*w*) con más de 1 m. de ancho y fue arruinado en s. XV (Ríos Glez 1993). Otro se localiza en la antigua calle de Salsipuedes (*x*), actual Ildefonso Martínez. Fue conceptuado como una cerca previa a la que más tarde levantaría Alfonso X por Manzanares (1950) y García Larragueta (1962b), mientras Uría Ríu (1967) lo concebía como el muro de cierre de una huerta privada. La caída del mismo a causa de las lluvias (1992) y su posterior adecentamiento trajo consigo una actuación arqueológico (Requejo Pagés 1996). Una vez examinado el grosor del mismo, 0,60 a 0,50 cm., los sucesivos recrecidos que configuran la altura actual (cerca de 3 m.) y los materiales asociados, cerámicas pleno-bajo medievales,[6] esta arqueóloga no encuentra indicios que certifiquen su carácter defensivo. Las intervenciones en la calle Máximo y Fromestano han exhumado un paño (*y*), del que no se mencionan medidas, compuesto de hiladas de sillarejo irregulares y vinculado a materiales medievales (Arnau y Noval 1991 y Ríos Glez 1993).[7] Por último, también se ha puesto en evidencia un lienzo entre la confluencia de las calles «Ecce Homo» y S. José (*z*) interpretado como «antigua muralla» (Ríos y Estrada 1992). El proceder de casi todas las intervenciones, control de las zanjas de infraestructuras, no permitió profundizar sobre la naturaleza de los vestigios.

El traslado de la corte a la restaurada urbe de León (910) reduce el papel de Oviedo al de sede episcopal. Este hecho puede ser una de las razones por las que durante los s. X y XI el crecimiento de la metrópoli se mantendrá dentro de los limes de la muralla del rey casto. La reactivación a finales del s. XI llega de la mano de la peregrinaciones al relicario de San Salvador, en estrecha relación con las jacobeas, y de la concesión del fuero otorgado por Alfonso VI y confirmado por su nieto Alfonso VII (1145). Será gracias a la política desplegada por Alfonso IX (1188/1230), y reafirmada por Alfonso X (1221/1284), cuando Oviedo transforme su primitiva fisonomía altomedieval (Ruiz de la Peña 1992). La más expresiva renovación del vetusto centro episcopal viene de la mano de la muralla, levantada mediante los privilegios (1258) e iniciativas del monarca Sabio (1261), costeando la obra el Concejo (dos tercios) y la Iglesia (el otro), y a pesar de la oposición del clero (1270) a los que se obligará a cercar sus posesiones (1274) (Miguel Vigil 1889). Debido a dichos contratiempos Alfonso X envía en 1264 a un hombre de confianza, Pérez Daoz,[8] para

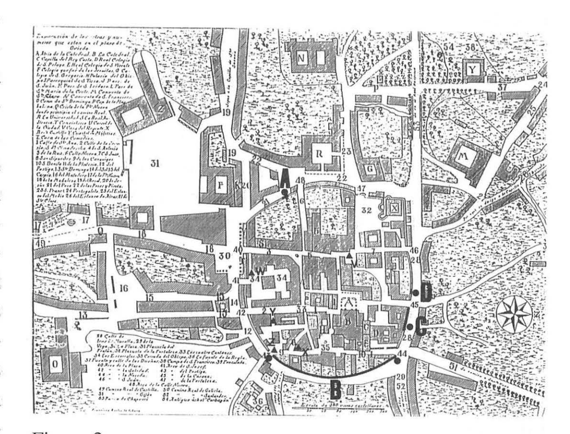


Figura 2
Plano de Oviedo según Reitter y De la Concha (1970) con los lienzos del amurallamiento bajomedieval y los paños intramuros (hasta 1996)

que ejecutara las obras. La urbe resguardada tenía un perímetro más amplio, unos 1.400 m. y una superficie de 11,4 hectáreas según trasluce el plano levantado por Reitter y de la Concha en 1770,[9] y estaba abierta al exterior por varias puertas. A pesar del incremento de suelo urbano que delimita la cerca bajomedieval, la población se asienta en zonas de extramuros, se reconocieron niveles medievales al SW., en la calle Jesús (Maradona y Martínez 1991), y, sobre todo, en las prolongaciones de las rúas y de los nuevos conventos de S. Francisco y Sta. Clara (W y NW). A raíz de este crecimiento Argüelles (1996) menciona un nuevo lienzo, ya construido en s. XV, que ampliaría la muralla promocionada por Alfonso X y que estaría encaminada a proteger los barrios mercantiles del SW. Con estas defensas pétreas que según los medievalistas estarían terminadas a fines del XIII o principios del XIV, la ciudad pudo salir bien librada de los conflictos bélicos del XIII - XIV y XV (Ruiz de la Peña 1992 y Argüelles 1996). Sin embargo, pronto empezaron a adosarse construcciones a los lienzos externo e interno de la cerca. Inmuebles que están pegados a la cara visible de la misma ya se documentan en el s. XIV (Requejo Pagés 1994). Otro muro bajomedieval aparecido en las excavaciones próximas al arco de La Gascona podría interpretarse como un edificio adosado a la parte «escondida» de la muralla (Maradona, Martínez y Alonso 1991), y, más claramente, las casas adheridas, una de ellas la Consistorial, se visualizan en el plano de Reitter y de la Concha (1770). Una lectura de las actuaciones arqueológicas que terciaron de mayor o menor manera sobre esta cerca bajomedieval, pone de evidencia el gran peso histórico atribuido a las citas documentales en relación con las menguadas certezas exhumadas. En unos casos las obras emprendidas a principios del s.XX en la trama de Oviedo fueron las que alteraron el terreno y cercenaron las posibilidades de la arqueología, por ejemplo en la plaza Porlier donde estaría la antigua Fortaleza de Alfonso III, el arco de la Fortaleza y parte del perímetro de muralla (Cabo y Martínez 1990; y Requejo 1994). En otras ocasiones, la escasa información viene de la mano de la naturaleza de los seguimientos (Chao, Estrada y Ríos 1992; Estrada 1992 -1993a/b; y Ríos Glez 1993) en los que se echa en falta un plan previo que tuviese en cuenta los interrogantes que suscitan las defensas ovetenses.

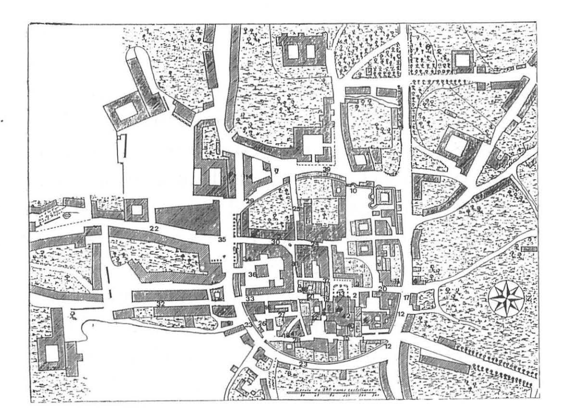


Figura 3
Plano de Oviedo según Reitter y De la Concha (1970) con las intervenciones arqueológicas llevadas a cabo en Oviedo

Formas constructivas, morfologia y restauraciones de las cercas

Son escasos los datos que podemos examinar sobre las defensas altomedievales. El diseño que plantea Uría Ríu (1967) para la muralla de Alfonso II, una silueta «cuadrangular», unos 200/250 m × 150/200 m[10] que obvia adaptarse a las especifidades del terreno, parece deudor de las plantas cuadradas extendidas durante el dominio romano (Argüelles 1996 - figura 4). En Asturias, los modelos constructivos de estos ignotos muros podrían ser las fortificaciones de

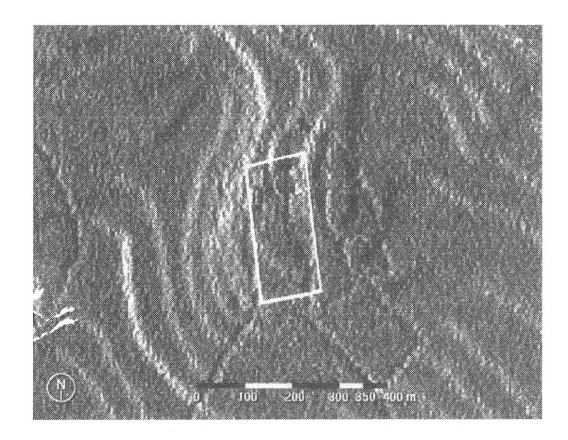


Figura 4
Muralla de Alfonso II según Uria Riu (1967)

Gijón romano[11] o posiblemente la que circunvalaría *Lucus Asturum* (Lugo de Llanera). El perímetro que ofrece Selgas (1908 y figura 5) es más reducido, unos 100/125 m × 50/75 m, pero similar al de Uría, mientras Casielles (1959 y figura 6) presenta una traza más adaptada a las curvas de nivel de la colina, casi 800 m de recorrido, recordando su croquis a las defensas de los castros ya que en ambos casos se ajustan a un espacio geográfico previo. Otra visión de este cercado previo al XIII la brinda García Larragueta (1962b), esbozando un conjunto de lienzos de escasa altura y consistencia que nunca llegarían a cerrar completamente el perímetro urbano. Parece seguir esta descripción los comentarios de Carvallo (1695) al sugerir dicho autor que no existirían defensas antiguas en Oviedo o, si las tenía, eran muy delgadas y bajas. En las fuentes documentales del s. XII se atestiguan partes de la cerca incluso una puerta (Argüelles 1996) y siguiendo estos apuntes Borge (figura 7) traza otro tipo de cerca. Argüelles (1996) supone que la construcción de los paramentos sería a base de cal, arena, regodones y piedras extraídas de las cercanías de la urbe. En este asunto la información arqueológica es yerma.

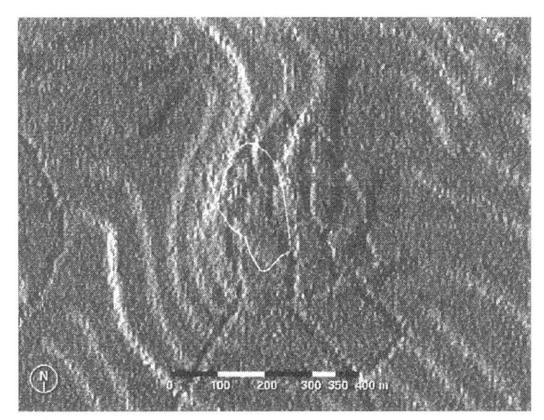


Figura 6
Muralla de Alfonso II según Casielles (1959)

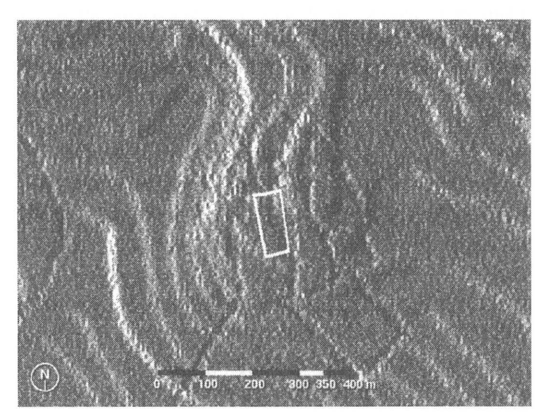


Figura 5
Muralla de Alfonso II según Selgas (1908)

Como aparece reflejado en la Partidas de Alfonso X,[12] la cerca es el rasgo que define el estatus urbano gozando sus lienzos y puertas de un marcado carácter sacro. El rey otorga el privilegio de amurallar para «ser mas honrada e mas noble e mas apuesta, e demas, es grand segurança e grand amparamiento de todos comunalmente para en todo tiempo». La configuración también está prescrita[13] mediante un eje viario, o calle mayor, con salidas hacia N. y S., una serie de vías paralelas y otra que corta en dirección E/W., encerrando esta trama en un perímetro de forma cuadrangular. En el caso de la cerca de Oviedo (figuras 8, 9 y 10) se mantienen parte de estos atributos como el axial principal de casi 300 m (Cimadevilla/Rua/S. Juan) y que atañe a la ruta comercial[14] y de peregrinaciones León - Oviedo - Santiago, adaptándose el resto de las prescripciones a la villa altomedieval, y el contorno del muro casi ortogonal a las rasantes de la colina. Carvallo (1695) describe los lienzos visibles en

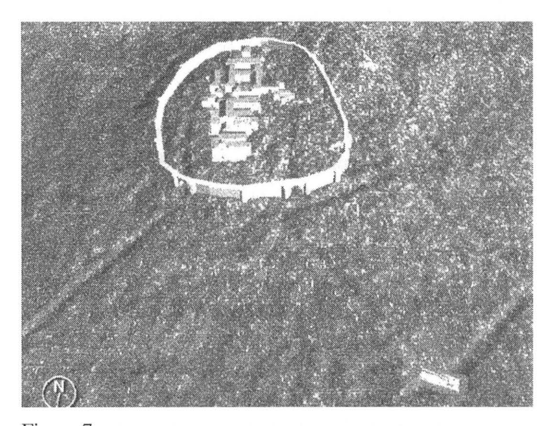


Figura 7
Muralla de Alfonso II según F. J. Borge Cordovilla

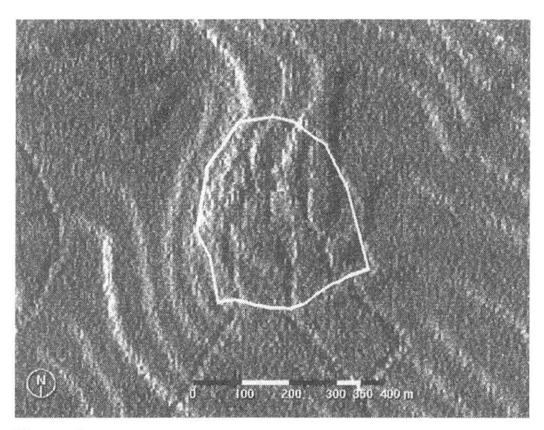


Figura 8
Muralla de Alfonso X

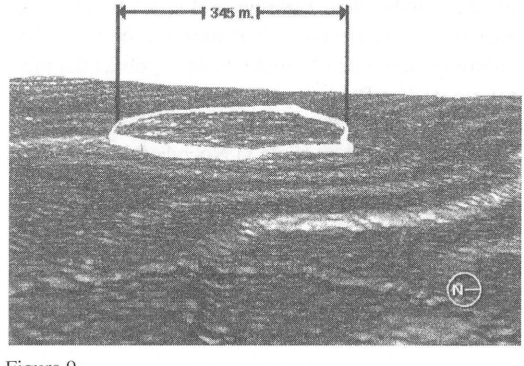


Figura 9
Muralla de Alfonso X (Visión N/S)

su época como *«altas y almenadas murallas»* en comparación con las pequeñas y endebles de fases previas. Las medidas que han permanecido hasta nuestros días nos demarcan un grosor de lienzo cercano a los 2,20 m y una altura próxima a los 4 m. Pudo tener varios paseos de ronda: uno (SE) se conserva cerca del arco del postigo en la calle Paraiso, mientras el otro (N), más controvertido, se situa entre las puertas de la Gascona y la Noceda y fue eliminado al ser demolida la muralla en 1937/38 (Tolivar Faes 1958). No se mencionan torreones formando parte de la cerca, sobresaliendo dichos cubos en el plano de Reitter y de la Concha (1770) dentro del complejo de La Fortaleza, por lo que los vestigios adosados al paramento del monasterio de Las Pelayas resultan aún más inexplicables. En el plano citado se contabilizan 9 puertas y se sabe de la existencia de torres exentas e intramuros, la de La Gascona y Cimadevilla (Quadrado 1885), sin contar con el baluarte del «Castillo». La fábrica, tal como se ve hoy en día, parece ser de mampuesto ordinario unida con mortero y levantada mediante dos paños escasamente regularizados, de 0,50 m cada uno, y un relleno pétreo informe de 1,50 m aproximadamente. Esta forma de proceder la corrobora Gutiérrez (1995) en el reino leones, por ejemplo en la muralla de León de Alfonso IX, ya durante la plena Edad Media. La mayor parte de los morrones irregulares son de caliza y, posiblemente, procederían de las canteras de piedramuelle, sitas en las proximidades, hoy barrios, de Oviedo (Argüelles 1996), y/o de Laspra (Esbert y Marcos 1983).

Aunque se da por hecho que la finalización del perímetro murado se produce a finales del XIII o principios del XIV, coincidiendo con los favores de Fernando IV (1285 - 1312) para su remate, los documentos certifican una serie de medidas tendentes a la «mejora» o «conclusión» del muro. El primero de 1495, se debe a los Reyes Católicos decretando un impuesto para componer cerca, torres, puertas etc (Canella 1888). No hay referencias escritas sobre la incidencia en las defensas pétreas del gran incendio que asoló la ciudad durante 1521. Con posterioridad nos encontramos numerosas menciones y vestigios de las obras que desde el s. XVI al XVIII se realizan en el casco antiguo con el fin de adecen-

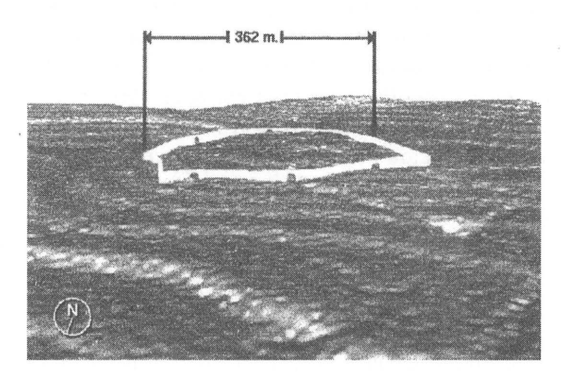


Figura 10
Muralla de Alfonso X (Visión N/S)

tarlo y sanearlo mejorando así las condiciones de vida de la población.[15] A fines del s. XVII vemos la cerca finalizada a través del testimonio de Carvallo, y asistimos también al comienzo de las obras del monasterio de Las Pelayas para lo que se aprovecha, en 1703, los despojos de piedras que saliesen de la muralla que cerraba la parte de la Noceda (N.) (Ramallo 1978). Sin otro tipo de aclaración no podemos estar seguros de que defensa pétrea es la que se explota como cantera del nuevo inmueble. Ya en 1741 se «recalza» un metro de la muralla sita en el Paraiso por el arquitecto Pedro Muñiz de Somonte (Miguel Vigil 1889) habiéndose reconocido dicha obra en la confluencia de las calles Postigo-Paraiso (Borge 1992). En el plano de 1770 siluetando el amurallamiento medieval se advierten inmuebles en las zonas N/W., W. y SW. de la ciudad, por lo que nos podríamos plantear sobre la función de la cerca en estos siglos. Y con estas leves modificaciones la barrera más física que real que encarnaba la muralla será cercenada en varios segmentos durante el s. XIX/XX a causa del crecimiento urbano, sin que las autoridades competentes de la salvaguarda del patrimonio, como la «Comisión de Monumentos de Oviedo» eleven la más mínima protesta ante la demolición de lienzos, puertas y torres[16] ni procuren una protección gubernamental.

A pesar de todo, la muralla ovetense se declara «Monumento Nacional» (Decreto 3/VI/1931)[17] y se concreta un plan de «zonas» para el casco urbano y alrededores (Decreto 11/II/1955)[18] sin que ello detenga su desmantelamiento. Ya durante 1937/38 se reaprovecha la piedra de los paños de la C/ Jovellanos, antes denominada «trás la muralla» y se enmascaran otros en dicha travesía. No se promueven labores de restauración o de resguardo efectivo hacia elementos asociados a la misma como la Torre de Gascona (demolida hilada por hilada en 1963) y debemos esperar hasta que en 1977 la Comisión de Patrimonio decida proteger parte de la cerca.[19] Esta primera intervención (1977 a 1980) se produce en la plaza de Riego (*A*), (figura 1), ante la acción inmobiliaria y la presencia de casi unos 5 m de muro, con 3 m de altura y 2,20 m de grosor. Se obliga a los propietarios su limpieza, con cepillo duro y detergente, restauración, con mortero bastardo de cal y cemento ¿inyectado?, y recuperación, el paramento se deja exento de la casa. Sin embargo, otro posible retazo a unos 10 m del descrito, presenta hoy en día unas condiciones deplorables. También en esas fechas, 1977, Hidroeléctrica del Cantábrico limpia el cerramiento sito en la calle Paraiso (*B*), y a partir de esa fecha este tramo amurallado, de más de 400 m. de recorrido y unos 4 m de alzado, se beneficia de diversos planes, muy limitados, de limpieza y restauración: en 1980 sólo se reparan y consolidan socavones de la zona baja y se elimina la vegetación; 1982 a través de un plan promovido por el Ministerio de Cultura el arquitecto Casariego lleva a cabo unas obras de restauración similares a las anteriores junto con el traslado de los puntos de luz a la otra acera que se ejecuta en 1984; 1990 con un breve informe del arqueólogo Carrocera, el consejero Fdez-Bustillo propone al Alcalde «elaborar un plan de consolidación y dignificación del entorno de la muralla» que se acomete superficialmente en 1992. La última intervención se produjo en 1995/96 con la poda de los arbustos y el lavado con agua, arena y cepillo duro del paramento. Los retazos de más de 10 m de muro yuxtapuestos entre 1 y 2 m. de altura al monasterio de la Pelayas (*C*) por el lado N., y exhumados al derruirse un «muro» que podría ser de muralla, están «revalorizados» a través de un espacio ajardinado de unos 1,50 m de ancho, y periódicamente reciben la poda de los arbustos que crecen entre las piedras de la defensa. Por último en la calle Jovellanos (*D*), se reconoció un lienzo de muro en 1990 durante las excavaciones en la Torre de Gascona ya que el paño formaba parte del cierre de la finca sondeada. Durante 1996 se «adecenta», de 2,50 pasa a 1,50 m de altura, y se rehabilita el 0,50 m de piedra con cemento y dos apoyos metálicos a cada lado.

«Plan de actuación»: objetivos e interrogantes

La necesidad de llevar a cabo un «Plan de actuación» sobre la urbe histórica de Oviedo, o retomar el del 55, es una urgencia avalada por las más de 40 intervenciones arqueológicas (figura 3) y sus escasos resultados prácticos e históricos. Con este tipo proyecto, puestos en marcha en otras capitales, se pretenden dos objetivos claros: uno incide en el conocimiento, y reconocimiento, de nuestro patrimonio más cotidiano y que en Oviedo está fundamentado en estos tiempos medievales, y el segundo en la retribu-

ción turística que daría la puesta en valor de la cerca. Ya que el segundo punto compete según la administración a otros profesionales y organismos, recapitularé los aspectos históricos que considero más endebles y difusos:

Determinación de las murallas altomedievales y los elementos a ellas asociados como puertas, baluartes etc. Sin olvidar rastrear la naturaleza de los paños intramuros al cercado del XIII.

Fisonomía y fábrica del amurallamiento del s. XIII: análisis de los diversos paramentos (construcción - reparaciones) como los del Paraiso, aclaración de los muros de Las Pelayas y su relación con una probable segunda cerca destruida en 1937/38, y confirmación del ensanche SW (calle Magdalena). Interrelación de la cerca con otros dispositivos de «defensa» existentes en la ciudad tanto naturales como artificiales.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Arguelles, J.J., 1996. *Artesanos y producción artesanal en el país asturiano en la Edad Media.* Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo. Oviedo (inédita).

Benito Ruano, E., 1970. «El desarrollo urbano en Asturias en la Edad Media. Ciudades y Polas». B.I.D.E.A. Nº 69. pp. 159 - 180.

Cabo, C. y Martínez, A., 1990. *Informe de las tareas de seg. arqueológico de las obras realizadas en la plaza de Porlier.* Compañía Telefónica. S.A. Oviedo.

Canella Secades, f. 1888. *Oviedo. Guía.* Oviedo.

Carvallo, L.A., 1695 (ed. 1988). *Antigüedades y cosas memorables del Principado de Asturias.* Oviedo.

Casielles, R. 1959. «Las cercas de Oviedo». *B.I.D.E.A.* XXXVII. Oviedo. pp. 294 - 307.

Esbert, R.M.ª y Marcos, R.M.ª, 1983. *Las piedras de la Catedral de Oviedo y su deterioro.* C.O.A.A. Oviedo.

Escortell Ponsoda, M., 1982. *Catálogo de las Edades de los Metales del M.A.O.* C.E.C. Oviedo.

Fdez-Buelta, J. y Hevia, V., 1984. *Ruinas del Oviedo primitivo.* I.D.E.A. Oviedo.

Fernández Ochoa, C., 1982. *Asturias en la época romana.* Madrid.

Fdez Ochoa, C. y García, P., 1995. «Excavaciones arqueológicas en Cimadevilla (Gijón)». *Exc. arque. en Asturias. 1991 - 94.* C.E.C.D.J. Oviedo. pp. 277/285.

Floriano Cumbreño, A., 1964. «Origen, fundación y nombre de Oviedo» *Simpósium sobre cultura asturiana de la Alta Edad Media.* Oviedo. pp. 167 - 190.

García Larragueta, L., 1962a. *Col. de doc. de la Catedral de Oviedo.* Oviedo.

García Larragueta, L., 1962b. «Sancta ovetensis. La Catedral de Oviedo, centro urbano y rural en los siglos XI - XIII». *Escuela de Estudios medievales.* Vol. XXXVII. Madrid.

González García, V.J., 1984. *El Oviedo antiguo y medieval (estudio histórico arqueológico sobre los orígenes y la formación de la ciudad).* VII Sancta Ovetensis. Oviedo.

Gutierrez González, J.A., 1995. *Fortificaciones y feudalismo en el origen y formación del reino leonés (s. IX - XIII).* Un. de Valladolid. Valladolid.

Manzanares, J., 1950. «Inv. monumental de Oviedo». *Archivum* T. IX. Oviedo.

MEMORIAS DE LA C.E.C.D.J. de Oviedo.

Arnau, E. y Noval, M., 1991. *Informes arqueológicos de los trabajos realizados en las calles Máximo y Fromestano y S. Isidoro.*

Borge Cordovilla, F., 1992. «Reseña Histórico-documental de Paraiso, San Vicente y Plaza Feijoo». en Estrada García (1992).

Chao, J.; Estrada, R.; Rios, S. 1992. *Primera fase de las obras de renovación de colectores y pavimentación en el casco Antiguo de Oviedo.*

Estrada García, R., 1992. *Proyecto del seguimiento arqueológico de las obras de renovación de colectores y pavimentación de las calles Paraiso, San Vicente y Plaza Feijoo.*

Estrada, R., 1993a. *Oviedo 44. C/ San José 16.*

Estrada, R., 1993b. *Memoria del seguimiento arqueológico de las obras realizadas en el solar Nº 16 de la calle S. José de Oviedo.*

Maradona, J. A. y Martínez, L., 1991. *Seguimiento de C/ Jesús (N.º 10).*

Maradona, J.A.; Martínez, L. y Alvarez, R., 1991. *Obras de saneamiento de La Catedral (Oviedo). Seguimiento arqueológico. 1991.*

Requejo Pages, O., 1994. *Reforma de la plaza Porlier y calles adyacentes (Oviedo, 1993).*

Requejo Pages, O., 1996. *Control y seguimiento arqueológico de la reposición del muro del solar nº 7 de la C/ Ildefonso Martínez, antes Salsipuedes, de Oviedo.*

Rios González, S., 1993. *Memoria del seguimiento arqueológico de las obras de renovación de pavimentos de las calles Cimadevilla, S. Antonio, Oscura, Món, Máximo y Fromestano, Santa Ana, Canóniga, Peso y Huevos así como de las plazas de la Constitución y Trascorrales. Oviedo 1992.*

Rios, S. y Estrada, R., 1992. *Oviedo 44. (Informe sobre el seguimiento arqueológico de las obras de pavimentación y renovación de colectores de las calles: Rua, Altamirano, S. Isidoro, Ecce Homo, Ildefonso Martínez, S. José, Postigo alto y Peso).*

Miguel Vigil, C. 1887 (ed. 1987). *Asturias monumental, epigráfica y diplomática.* Oviedo.

Miguel Vigil, C. 1889 (ed. 1991). *Colección histórico-diplomática del Ayuntamiento de Oviedo.* Oviedo.

Quadrado, J. M., 1885. *Asturias y León en sus monumentos y arte. Su naturaleza e Historia.* Barcelona.

Quiros Linares, F. 1984. «El plano de Oviedo de Alexis Donnet». *Astura.* 2. Oviedo. pp. 93- 95.

Ramallo, G. 1978. «Documentación y estudio de la obra realizada por Fray Pedro Martínez de Cardeña en el Monasterio de S. Pelayo de Oviedo». *B.I.D.E.A.* Nº 87. Oviedo. pp. 183 — 204.

Rodríguez Balbin, H., 1977. *Estudio sobre los primeros siglos del desarrollo urbano de Oviedo.* Universidad de Oviedo.

Ruiz de la Peña, J. I., 1992. «Los orígenes urbanos de Oviedo: morfología de la ciudad medieval». *Oviedo en el recuerdo.* Oviedo.

Selgas, F., 1908. *Monumentos ovetenses del s. IX.* Madrid.

Tolivar Faes, J. 1992. *Nombres y cosas de las calles de Oviedo.* Oviedo.

Uria Riu, J., 1967. «Cuestiones histórico-arqueológicas relativas a la ciudad de Oviedo de los siglos VIII al X». *Simpósium sobre Cultura asturiana en la Alta Edad Media.* Oviedo. pp. 261 - 328.

Uria Riu, J., 1974. «Orígenes y desarrollo de la ciudad». *El libro de Oviedo.* pp. 21 - 61.

SIGLAS

B.I.D.E.A. Boletín del Instituto de Estudios Asturianos.; C.E.C. Consejería de Educación y Cultura.; C.E.C.D.J. Consejería de Educación, Cultura, Deportes y Juventud.; C.O.A.A. Colegio Oficial de Aparejadores de Asturias.; I.D.E.A. Instituto de Estudios Asturianos.; M.A.O. Museo Arqueológico de Oviedo.

NOTAS

1. En los alrededores de «Ovetao» se ubican dos castros (laderas del Naranco), una posible villa romana en las cercanías (Lillo) y otra arrasa (Paraxuga) en el barrio del Cristo (Fdez-Ochoa 1982). También apareció un epígrafe romano en la calle de Llamaquique (Miguel Vigil 1887) y una cabeza de bóvido datada en época prerromana en la zona de Sto Domingo (Escortell Ponsoda 1982).
2. Conectan dos caminos utilizados en tiempos romanos: uno N/S que uniría León y Gijón, y otro E/W que cruzaría el pasillo cantábrico (Fdez Ochoa 1982).
3. No se han realizado las Memoria de tales intervenciones, como el de la calle S. Vicente donde Uría (1964) cita unos lienzos, y sólo contamos con un informe previo (Borge 1992 y Estrada 1992).
4. Reseña del 20 de septiembre de 1982, depositada en C.E.C.D.J.
5. Referencia oral, pues no se localizó este informe en la C.E.C.D.J.
6. La intervención, una vez extraida toda la piedra y tierras, parece ser que no permitió determinar la relación entre los niveles VIII/IX y el lienzo.
7. Un documento de 1270 cita en la vecina calle de S. Isidoro un «muro viejo» (Estrada 1993).
8. También se encargo de las plantas de las polas de Maliayo (Villaviciosa), Navia o LLanes (Argüelles 1996).
9. Publicado en 1777 (Quiros Linares 1984).
10. Las medidas y Dibujos se basan en H. Rodriguez Balbín (1977), con base de 100 varas = 6,5 cm.
11. Las características son: lienzo externo de sillares de arenisca e interno de bloques de caliza, núcleo de *opus caemeticium*, zapata irregular sobre roca sin tallar y anchura de 4,60 adaptada en zonas a 3,40/3,10 m (Fdez-Ochoa y García 1995).
12. Ley VI de Título XXXIII en Partida VII.
13. Ley XX, Título XXIII de Partida II.
14. En la confluencia de Cimadevilla/Rua se exhumó un probable mercado bajomedieval (Ríos 1993).
15. Las actuaciones arqueológicas reconocieron y analizaron estas mejoras urbanas, como las de alcantarillado y pavimentación (Maradona, Martínez, Alonso 1991; y Ríos Glez 1993).
16. En 1783 se derriba el «Cubo del Castillo» y todo el conjunto en 1810; en 1834 la Torre de Cimadevilla remodelándose la calle de Los Huevos; en 1808 cae el «Arco de la Fortaleza» y la «Puerta del Postigo»; en 1853 desaparece la «Puerta Nueva» y en 1855 «La Noceda».
17. La Comisión recibe la declaración con sorpresa pues no ha intervenido en la solicitud, incluso ignoran la «verdadera fecha» de construcción de la cerca (Acta de 13 de oct. 1932).
18. Es un verdadero plan de actuaciones, el primero, en el que están distinguidas tres zonas de la ciudad: I. Monumental, lo comprendido dentro de la cerca bajomedieval; II. Protegida, entre otras las calles que rodean la misma; III. Inventariada, al crecimiento de época moderna.
19. Nos basamos en documentos administrativos suministrados por la C.E.C.D.J.

Los pavimentos en la Sevilla de la segunda mitad del siglo XVI: materiales y técnicas de ejecución

Antonio José Albardonedo Freire

El objetivo de esta ponencia es ensalzar un aspecto poco tratado, hasta el momento, en la bibliografía al uso en la Historia de la Construcción, como es la pavimentación de los espacios públicos urbanos. Durante el siglo XVI, y de un modo especial en la última década de la centuria en que la magnitud de los trabajos alcanzó su mayor esplendor, el Cabildo Municipal de Sevilla emprendió una ambiciosa política de pavimentación de calles y plazas, con objeto de mejorar el tránsito y acrecentar la belleza de las vías urbanas que, hasta el momento, según la costumbre islámica, eran de firme terrizo, salvo en espacios selectos o singulares que habían sido pavimentados con ladrillos raspados o guijarros.

Para acometer esta política de pavimentación, el Cabildo se apoyaba en la *Ordenanzas de Sevilla*,[1] en las que, en 1527, se habían incorporado las condiciones ordenadas, en 1500, por los Reyes Católicos, relativas a la creación del cargo de *Veedor de Pavimentos* —persona encargada de su reparación y conservación—, y a la financiación de las reformas.

Los resultados de esta investigación proceden principalmente de la lectura de las Secciones III, X, XIII y XV del Archivo Histórico Municipal, siendo enriquecidas con documentos aislados extraidos de otras secciones del mismo fondo archivístico. Los resultados son inéditos dado que las conclusiones han surgido del análisis de cientos de breves referencias aparecidas en documentos administrativos, contables o de las Actas de Cabildo contenidas en este rico repositorio, que en sí mismas carecían de valor pero vistas desde la evolución administrativa o desde valores estadísticos descubren la política urbana más oculta.

Estas amplias obras de urbanización de la segunda mitad del siglo XVI, estuvieron favorecidas por dos factores. De un lado, por la aparición de una cultura humanista pues se iniciaron coincidiendo con el paso de la ciudad medieval a la renacentista; en segundo lugar, por la prosperidad económica de la ciudad, que se encontraba en una situación privilegiada tras la concesión del monopolio, factor que posibilitó que el Cabildo Municipal acometiera, paralelamente ciertas reformas morfológicas y una mejora constante de los solados.

Los resultados globales: zonas afectadas

Resulta difícil señalar con exactitud el total de las calles pavimentadas gracias a la nueva política municipal, ya que en pocas ocasiones se conocen los límites de las obras ejecutadas. Sin embargo, algunos autores afirman que, en 1525, la cuarta parte de las calles de la ciudad ya estaban pavimentadas,[2] lo que sin duda nos lleva a señalar que la proporción crecería en gran medida en la última década, en que, como tendremos ocasión de señalar, se incrementó el número de obras.

En la nueva política de pavimentación las obras se realizarían, a través de planes parciales, calles aisladas que generaron auténticas islas soladas en la ciu-

dad, sin considerar los enlaces de las vías con las de su entorno e incluso pavimentando sólo una parte de ellas, esto produjo problemas sobre todo, de desagüe, formación de charcos y de circulación de carromatos.

De nuestro trabajo investigativo se concluye que las zonas que poseían un mayor número de calles pavimentadas serían las de mayor actividad comercial o social: es decir, el centro urbano y las inmediaciones de las puertas del recinto amurallado. No obstante, se atenderían también obras de pavimentación en collaciones marginales e incluso barrios extramuros como San Bernardo o Triana, y, en la última década del siglo, otras zonas periféricas.

En el centro urbano, existían algunos circuitos completamente pavimentados. De ellos, señalaremos los dos más importantes. Probablemente, el primero después de la Reconquista fuera la antigua calle Real, enladrillada en 1497, camino éste de las comitivas regias en su entrada a la Ciudad. Otro fue el del Corpus, el cual había de ser anualmente reparado con motivo de la celebración, dada la mala calidad de las obras de solado en él realizadas.

MATERIALES Y TÉCNICAS: LOS ENLADRILLADOS

Desde el punto de vista técnico, de la lectura de las Actas Capitulares se puede afirmar que a lo largo del siglo XVI existió una voluntad unificadora presidiendo la política de suelos, pues aunque en ocasiones se emplearon ripios y guijarros, habitualmente y de modo sistemático el Cabildo recurrió al ladrillo como material preferente, mientras los empedrados se utilizaron con carácter excepcional hasta las últimas décadas del siglo, en que aumentó esta labor.

La magnitud de los trabajos en ladrillo fue tal que, con objeto de emprender la empresa se hizo necesaria la construcción de nueve hornos, ya que los que, funcionaban hasta ese momento eran, a todas luces, insuficientes para atender la demanda.[3]

Aunque con las lógicas limitaciones por razones técnicas, existieron algunas variedades de ladrillo en calidad y color; así se utilizaron sobre todo rojos y blancos, pero también verdes. En algunos casos, la calidad del ladrillo a emplear venía determinado por el emplazamiento de la calle; así, en las céntricas, se procuraba evitar el ladrillo rojo por ser éste de mala calidad.[4] A veces se emplearon medios ladrillos o incluso se reutilizaron piezas de acarreo. Pero la diversidad también existió por medio de las texturas y los dibujos de aparejo.

La elección del enladrillado no correspondía al concepto de ciudad renacentista ideal propugnado por los teóricos de la época, ya que, uno de los aspectos en que éste radicaba, se trataba precisamente de la drástica sustitución de los suelos medievales, terrizo o de toscos empedrados, por unas superficies pulidas, más ricas y de perfecto acabado. También los pintores del Renacimiento abogaban por ello, como se plasma en los suelos impecablemente enlosados, con juntas de cuidadoso trazado a cordel, representados en la iconografía de la época para lograr con ello una mejor captación espacial y exaltar así la perspectiva.[5]

Cabría preguntarse cuál fue la razón de que se optara por el ladrillo, frente a los pavimentos marmóreos del Cuatrocento italiano, a pesar de que la aplicación de este concepto ideal renacentista permitiría conseguir unas superficies cómodas y regulares, formalmente bien resueltas, de suelos pétreos, duros y pulimentados.

Sin duda, ello se debió a dos razones, una de carácter económico y otra técnico. De hecho, por su alto coste, las inversiones que ello exigirían resultaban impensables para el Cabildo sevillano incluso a pesar de la prosperidad de su economía municipal, al no existir canteras en sus proximidades; por el contrario, el ladrillo podía suministrarse en grandes cantidades desde hornos locales, aunque, en cualquier caso, como ya hemos señalado, la magnitud de las obras acometidas supusieron ampliar a nueve el número de hornos de la ciudad. A ello habría que añadir que en Sevilla existían expertos operarios, herederos de la tradición musulmana.

Sin embargo, el enladrillado a sardinel, no fue la única solución técnica. Así, existieron pavimentos «de aguija» (chinos); por ejemplo, el colocado en el interior del arco de la puerta de Goles en 1561.[6]

Otro tipo más frecuente, o al menos del que existen más referencias documentales, se emplearía en calles expuestas a un habitual tránsito de animales de carga; consistía en alterar longitudinalmente dos bandas de ladrillo con una central de guijarros. En este sentido existen peticiones por parte de los vecinos, quienes proponían esta técnica, probablemente para obtener con ella unos pavimentos de mayor durabilidad.

La mayor parte de las obras de los años finales de

siglo fueron empedrados, más demandados por los vecinos que los enladrillados. Esto hizo necesario buscar graveras para obtener cantos rodados de procedencia fluvial. Su extracción, así como la de los barros procedentes del río podía afectar a la navegación por los posibles corrimientos de tierras sobre el cauce, para solucionar el problema en 1598 Pedro Martín propuso en el Cabildo que la piedra se extrajera de la isleta de la Algaba.[7]

En puntos singulares del tejido urbano, como la plaza del Salvador se produjo una solución más rica, aunque el habitual laconismo de los numerosos documentos referentes a los solados del XVI deja un amplio margen de incertidumbre sobre el alcance y la calidad de las obras en ellos. No obstante, consideramos que lo escueto de las descripciones se debe a que nos encontramos ante un verdadero proceso de unificación de suelos y que de haber existido planteamientos formales más ambiciosos éstos se habrían relatado minuciosamente y magnificado más allá de su dimensión real.

Causas de intervención

Durante la época que nos ocupa, las obras de pavimentación podían realizarse bien por sugerencia del Rey, aunque esto no ocurrió durante el reinado de Felipe II, bien a propuesta del Cabildo de la Ciudad (a través de su Diputado de Empedrados), de algún Jurado o del Asistente, o bien por petición, individual o colectiva, del vecindario al Cabildo. Las peticiones no siempre obtenían la rápida ejecución de las obras por lo que frecuentemente habían de reiterarse.

Podemos resumir en tres las razones que motivarían las peticiones y, en líneas generales, las reparaciones de las calles ya pavimentadas referidas en la documentación como viejas: el pésimo estado del pavimento preexistente, el adecentamiento de espacios abiertos y razones excepcionales como las riadas, una visita real o el Corpus.

Pésimo estado del pavimento preexistente

Fue sin duda la principal razón de las intervenciones, ello pudo deberse fundamentalmente a cuatro factores, el tránsito habitual, la escasa calidad (en los materiales y en su ejecución), el mal desagüe, o el rodaje de vehículos de tracción animal (coches y carromatos).

Tránsito habitual

Lógicamente el uso de las calles contribuía a su deterioro, por ello, algunas con un tránsito excepcional exigían frecuentes y a veces urgentes reparaciones; entre ellas destaca la calle Sierpes, que fue reformada por lo menos en trece ocasiones.

La mala calidad de los pavimentos

Aunque a partir de la Carta de los Reyes Católicos y las consiguientes incorporaciones realizadas a las *Ordenanzas Municipales* existía un cargo público, *el Veedor de Pavimentos*, encargado entre otras cuestiones de controlar y vigilar la correcta ejecución de las obras y la calidad de los materiales empleados, los resultados no fueron satisfactorios bien por los materiales o por una ejecución mala, quedando a veces hoyos en los pavimentos, como se refleja en la siguiente Acta Capitular «(...)la carrera que la ciudad mando haser esta muy mala de suelo y con hoyos, que la ciudad lo mande remediar(...) quel obrero mayor haga echar un suelo en la carrera de manera que quede buena(...).»[8]

Estas circunstancias motivarían frecuentes protestas por parte del vecindario, denuncias que se acentuaron a finales de siglo, posiblemente por producirse una disminución en la calidad de las obras.

Cabría preguntarse qué medidas tomó el Cabildo para procurar mejorar la calidad de los pavimentos. Estas no fueron ni muchas ni definitivas; se procuró que los materiales empleados, por ejemplo la arena, fueran los convenientes[9] o que las obras de pavimentación se realizaran en los meses secos para garantizar los resultados, así consta en las Actas Capitulares.[10]

Numerosas fueron las propuestas sobre nuevos procedimientos de ejecución de pavimentos que el Cabildo recibió a finales de siglo. Entre ellas, señalar el informe del Jurado Diego de Toledo sobre la calidad de las obras y pese a no conservarse el documento suponemos que debió ofrecer una evaluación negativa.[11]

Mal desagüe

La ausencia de desagües y alcantarillas, las corrientes superficiales de aguas fétidas y el mal desagüe de las calles contribuiría en gran medida al deterioro de los pavimentos. La principal causa fue que las calles no tenían continuidad en los desniveles de desagüe debido a la pavimentación parcial de las calles, que generaba escalones, acometida por el Cabildo hasta las últimas décadas del siglo, momento en que comenzaron amplios planes racionales de pavimentación.

El mal desagüe motivaría frecuentes reclamaciones por parte del vecindario al Cabildo para que repararan los pavimentos. Pongamos dos ejemplos; en 1560 los vecinos reclamaban alrededor de la obra los daños provocados por un mal desagüe de la calle *Cabrahigo*[12] y en 1564 los vecinos pidieron que se enladrillara la calle de San Andrés que iba a la de las Cadenas, que por estar a una cota más baja que esta última no podía desaguar en ella.[13]

Tránsito de vehículos de tracción animal

Una importante causa del deterioro de los pavimentos fue el tránsito de vehículos de tracción animal, que aumentó especialmente tras 1567 con el auge comercial de la ciudad y la moda impuesta del traslado de personalidades. Destacamos un documento en el que se refiere la necesidad de reformar el pavimento de la Puerta de Jerez debido al tránsito de mercancías procedente de las Indias y a los carretones de piedra para las obras de la Catedral.[14]

Adecentamiento de espacios abiertos

Al margen del deterioro, otra razón fue el adecentamiento de espacios públicos abiertos como plazas y alamedas, bien para disfrute de los ciudadanos o como paso previo a la colocación de alguna imagen religiosa «ley la peticion de Pedro Ortiz en que pide que se mande empedrar en la plaça de la Madalena tres o quatro varas junto a la pared para que se ponga alli una imagen [devota] para queste limpio...».[15]

En este sentido, sin duda el acontecimiento más trascendente en los años que consideramos, es la pavimentación de la Alameda de Hércules, de la que existen referencias desde 1574.

Razones excepcionales: el Corpus, las riadas y las visitas reales

Razones excepcionales motivaron con carácter urgente la reparación de los pavimentos. Entre ellas, señalaremos tres: el circuito del Corpus, fiesta cívico-religiosa, recorrido por lo más selecto de la ciudad, reclamaba reparaciones anuales de «los malos pasos» que pudieran surgir durante el invierno por las lluvias o las zanjas de instalaciones de caños.[16]

Otra causa excepcional fueron las visitas reales a Sevilla. En las Actas Capitulares recoge que en 1570 pese a la penuria económica, ante la llegada de la noticia del Rey, el Cabildo decidió enladrillar y empedrar las contadas calles que la comitiva recorrería «(...)dixo el señor teniente que se tiene por çierto que su magestad será servido de venir a esta cibdad de Sevilla y sera bien que las calles desta cibdad se acaben de ladrillar y empedrar y asimismo la calçada y camino por donde a de venir(...) que aunque no venga [el Rey] dandole Dios salud sera bien que se haga prevençion(...)».[17]

Especialmente abundantes son las referencias a los daños causados por las periódicas inundaciones en la calzada de Triana y en otras calles que quedaban muy afectadas por las riadas: «(...)la dicha calle esta sin corriente e no se puede pasar por ella a pie ni a cavallo e todos los vezinos de la dicha calle reçibimos algun perjuizio(...)».[18]

FINANCIACIÓN

La financiación de las obras dependería, en principio, de si se trataba de pavimentar calles nuevas o viejas. Lo habitual era que la totalidad del coste de las calles nuevas corriera a cargo de los Propios del Cabildo Municipal, mientras que, cuando se tratara del nuevo pavimentado o de reparaciones en calles soladas de antiguo, los vecinos debían contribuir económicamente.

La magnitud de los trabajos cuya financiación el Cabildo acometió fue tal que, con objeto de afrontar los considerables gastos que conllevaba la empresa, se hizo necesario establecer una imposición sobre la libra de la carne y el tocino.[19]

Para obtener el aporte vecinal para las obras, el Cabildo lo fundamentaba legalmente en las condiciones que en 1527 se habían incorporado a las Orde-

nanzas Municipales en cumplimiento de la referida Carta de los Reyes Católicos. Disposición que a su vez recogía la tradición islámica conocida por medio de Ibn'Abdun.[20] Según establecía dicha Carta, el *Veedor de Pavimentos*, se ocuparía de solicitar las reparaciones al vecindario y el *Obrero Mayor* de la Ciudad, les obligaría a ello en caso de no realizarlas.

Sin embargo, hubo ocasiones en que la costumbre no fue norma, como demuestra el conflicto creado en 1585 con motivo del enladrillado del compás de San Clemente, en el cual los vecinos se negaron a pagar el nuevo pavimento.[21]

En la documentación consultada en el Archivo Municipal, se observa que esta medida provocó multitud de quejas entre los vecinos, quienes consideraban que el mal estado de los pavimentos no era tanto resultado de un mal uso por parte de ellos sino, básicamente, de otras tres cuestiones que les eran ajenas y a las que ya hemos hecho referencia: el deterioro producido al abrir zanjas en el pavimento para reparar las cañerías, el originado por los caños de desagüe, y, finalmente y sobre todo, por la circulación de coches y carromatos.

Por ello, los vecinos planteaban insistentemente las siguientes alternativas: que se exigiera a los que hubieran abierto zanjas que las repararan, que se cerraran los caños o les dieran otro desagüe, que los carros de mercancía poseyeran licencia municipal para circular y que se controlara a los coches y a las caballerías.

En 1560, en relación al sistema de financiación, se produce una novedad. Hasta esa fecha, se habían acometido a costa de los Propios del Cabildo[22] o bien de los vecinos, pero en abril de 1560 se plantea arrendar a un particular las reparaciones en los casos siguientes: cuando se tratara de calles y plazas anchas dependientes del Cabildo, (en la que el vecino, según aparecía en las *Ordenanzas*, sólo había de ocuparse de una franja estrecha, equivalente a una calle de anchura media) o, en segundo lugar cuando los vecinos fueran instituciones eclesiásticas exentas de pago.[23]

En la década de los sesenta, entre contratar estas obras a destajo o por jornales, el Cabildo decide que en cada caso se escoja la menos gravosa para la ciudad.[24]

Por medio de la lectura de las fuentes documentales hemos podido determinar tres periodos diferentes en la política municipal de ejecución de obras que dada la limitacíon del espacio impuesta sintetizamos del siguiente modo:

Primeras intervenciones 1556-1566. En 1560 el estado general de la pavimentación en Sevilla debió de ser malo; así se desprende de las reiteradas peticiones que se producen en el Cabildo presentadas por el mismo Asistente y por parte de los vecinos. Esta situación haría que el Concejo planteara la necesidad de reparar los pavimentos de algunas calles y decidiera emprender una tarea de renovar el enladrillado general de la ciudad durante cuatro años.

La disminución de las intervenciones 1566-1582. A partir de 1566 se inicia una etapa de escasas actuaciones en política de suelos del Cabildo Municipal, sin duda motivada por una crisis económica; salvo las reparaciones de enladrillados que urgían por razones excepcionales, como la visita real o la riada del Guadalquivir en 1571. Así, en 1570 el Cabildo acometió las reparaciones en el pavimento de las contadas calles que recorrería la comitiva, con motivo de la anunciada visita del Rey.

La gran reactivación de las iniciativas 1583-1598. En 1583 y hasta final del siglo, se inicia una nueva fase caracterizada por tres cuestiones: un aumento de las obras, coincidiendo con un incremento de los empedrados, una diversificación de los sectores pavimentados, y la realización de unas actuaciones programadas y por zonas, no en isla como había sucedido hasta la fecha.

NOTAS

1. *Ordenanças de Sevilla...*, Sevilla, 1632; ed. facsímil, Sevilla, 1976.
2. Laredo Quesada, M. A., 1989, p. 55.
3. Collantes de Terán Sánchez, A., 1977, p. 82.
4. Archivo Municipal de Sevilla. A.M.S. Sección X. Actas Capitulares del 23 de abril de 1562.
5. Garriga, J., 1983, p. 33.
6. A.M.S. Sección X. Actas Capitulares del 18 de abril de 1561.
7. A.M.S. Sección X. Actas Capitulares del 24 de julio de 1598.
8. A.M.S. Sección X. Actas Capitulares del 21 de julio de 1563.

9. A.M.S. Sección X. Actas Capitulares del 19 de noviembre de 1563.
10. A.M.S. Sección X. Actas Capitulares del 29 de noviembre y 1 de diciembre de 1557.
11. A.M.S. Sección X. Actas Capitulares del 27 de febrero de 1597.
12. A.M.S. Sección X. Actas Capitulares del 5 de febrero de 1560.
13. A.M.S. Sección III. Escribanías de Cabildo del Siglo XVI, tomo 7º-2º (1564). Sección X. Actas Capitulares del 26 de abril de 1564.
14. A.M.S. Sección X. Actas Capitulares del 9 de junio de 1567.
15. A.M.S. Sección X. Actas Capitulares del 25 de junio de 1578.
16. A.M.S. Sección X. Actas Capitulares del 5 de mayo de 1564.
17. A.M.S. Sección X. Actas Capitulares del 18 de enero de 1570.
18. A.M.S. Sección XIII. Papeles Importantes del siglo XVI, t. II, 13 de enero de 1571.
19. Collantes de Terán Sánchez, A. 1977, p. 82.
20. García Gómez, E.; Leví-Provençal, E., 1981.
21. A.M.S. Sección X. Actas Capitulares del 23 de marzo, 20 de septiembre y 9 de octubre de 1585.
22. A.M.S. Sección X. Actas Capitulares del 8 de marzo de 1559 y, Sección XV, Papeles de Mayordomazgo del 8 de marzo de 1559.
23. A.M.S. Sección X. Actas Capitulares del 1 de abril de 1560.
24. A.M.S. Sección X. Actas Capitulares del 14 de abril de 1559.

Enmienda a dos de los errores más comunes sobre el tapial

Eloy Algorri García
Mariano Vázquez Espí

En nuestro país, la tapiería es una técnica muerta desde los comienzos de la segunda mitad del siglo. Basta una simple operación de resta para constatar que el conocimiento que se deriva de su práctica sólo puede alcanzar ligeramente a la última de las generaciones en edad activa. Simultánea y compensatoriamente, el saber intelectual viene realizando una heterogénea labor de registro testimonial cuyas formas de codificación malamente sirven para describir una técnica esencialmente vernácula, trasmitida oral o experimentalmente. En este contexto han florecido un conjunto de malentendidos que oscurecen la génesis y evolución de la tapiería a lo largo de la historia. Este trabajo pretende enmendar dos de ellos.

Error nº 1: «El tapial es una fábrica de tierra compactada»

En el castellano coloquial actual, *tapial* es una pared de tierra compactada y *tapia* un muro de cerca de materia indefinida. Estas acepciones no contradicen al Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española pues figuran recogidas entre las posibles.

Sin embargo, la primera y principal definición del Diccionario es bien otra, a nuestro juicio mucho mas clara y precisa: *tapial* es un «conjunto de dos tableros que, sujetos con los costales y las agujas, se colocan verticales y paralelos para formar el molde en el que se hacen tapias»; mientras que por *tapia* se entiende «cada uno de los trozos de pared que de una sola vez se hacen con tierra amasada y apisonada en una horma. 2. Esta misma tierra amasada y apisonada. 3. Pared formada de tapias.» En resumen, según la Academia, *tapial* es el molde y *tapia* el muro de tierra compactada que se levanta con tapiales.

Es nuestra opinión que debe retornarse, al menos entre los especialistas, al léxico canónico. No anida en este criterio un afán academicista sino la comprobación de que esta divergencia semántica alimenta

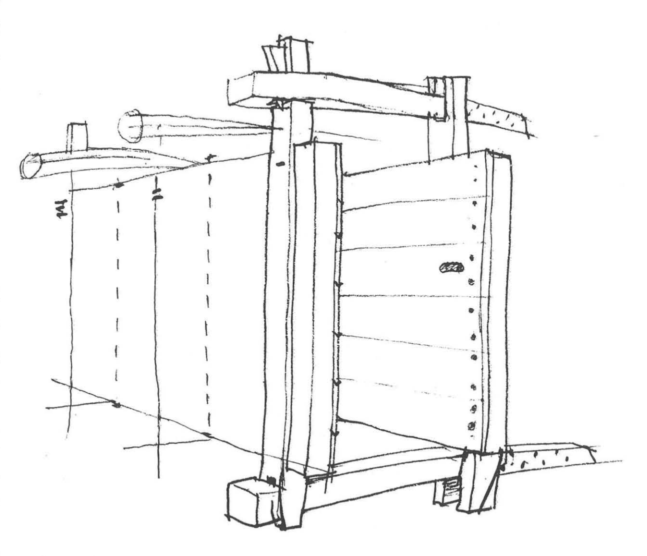


Figura 1
Puertas de tapiar de Valdebimbre (León). Ilustración de Javier Ramos

una creciente mixtificación que oscurece el conocimiento de la tapiería. Es más, en un alarde de papismo, proponemos enmendar parcialmente a la Academia depurando aún más los significados.

Se trataría de llegar, con cuarenta años de retraso, allí donde ya estaba Leopoldo Torres Balbás, el cual denomina *tapial* al molde y *tapia* a todo muro que se construye con tapiales, sin que la tierra sea necesariamente la materia prima. De este modo, el término tapia es una simple definición genérica que para su concreción precisa la especificación de la materia con la que se rellena el molde. En consecuencia, tendremos tapias de tierra, tapias de argamasa, tapias de hormigón, etc. El deseo que subyace a esta acotación lexicológica es la aclaración de un concepto esencial: «La tapia es un procedimiento constructivo y no un material» (Torres, 1971:560), es decir, tapia es toda fábrica construida de un modo determinado, sin importar la materia prima. Un repaso a algunas de las referencias históricas más significativas confirma la ausencia de identidad entre tapia y tierra.

Por ejemplo, dice Ibn Jaldun (1987:721-722) en el siglo XIV: «se vierte allí una mezcla de tierra y cal que se apisona enseguida con pisones hecho a propósito para este fin. Cuando esta masa ya está bien comprimida y la tierra suficientemente amalgamada con la cal, se agrega todavía de las mismas materias una y otra vez...».

Cinco siglos después, escribe el catalán Ali Bey (1814) en una descripción de la ciudad de Marrakus: «Hay varias casas construidas en piedra pero comúnmente lo son de mortero, que es de tierra, arena y cal, apisonado entre dos tablas aplicadas a la cara de la pared, y esto llaman tabbi» (*op. cit.* p. 305). «Cuéntase nueve puertas para entrar en Marruecos; los muros que la rodean tienen bastante espesor, son altísimos....Casi todas las murallas son de tabbi o tierra amasada con cal» (*op. cit.* p. 312).

El historiador Henri Terrasse (1932) denomina «béton» a la tapia de argamasa y la describe en términos muy similares («dans des coffrages de planches on a pilonné in mélange de cailloutis, de terre et de chaux», *op. cit.* p. 158) con la particularidad de distinguirla claramente del «pisé», es decir de la tapia de tierra tradicional.

Finalmente otro arabista francés, André Bazzana (1980) afirma: «il y a du tabiya de terre, du tabiya de mortier, du tabiya de pierres...» (*op. cit.* p. 358), es decir «ce qui raproche ces [...] techniques, c'est moins le matériau que le mode de mise en oeuvre: le «luh» ou coffrage de cajones [sic]» (*op. cit.* p. 356).

En resumen, reiteramos que la tapia es todo muro realizado con una horma denominada tapial, la cual también se denomina «puertas», «cajón» o «encofrado», en denominación moderna.

Siguiendo en esta línea, consideramos que hay que afinar el significado exacto de tapial pues no todo molde es merecedor de tal denominación. A nuestro juicio, las condiciones necesarias y suficientes para catalogar una horma como tapial son tres: recuperabilidad; fácil movilidad y sujeción; y autoestablilidad durante las labores de apisonado. Esto posibilita la construcción de muros mediante un proceso de adición de grandes unidades monolíticas conformadas in situ, en la que el molde y el personal se desplazan sobre los fragmentos construidos anteriormente. Es decir, el tapial abre la posibilidad de erigir muros de volumen y altura considerable con el concurso de este único molde, un utillaje complementario muy reducido y sin el despliegue de ningún tipo de medio auxiliar, especialmente de andamiaje.

Por todo ello, puede caracterizarse a la tapiería como una técnica esencialmente módica pues solo requiere un molde compuesto por un reducido y sencillo juego de piezas a la vez que ahorra todo tipo de medios auxiliares salvo una polea, que no es imprescindible, una escalera de mano y varias espuertas. En el caso de la tapia de tierra la economía es por partida doble como consecuencia de la abundancia y la gratuidad de la materia prima. A su vez, la parquedad de medios auxiliares y la seriación del proceso constructivo otorgan una velocidad de ejecución superior a cualquier otra fábrica. Basset y Terrasse (1932) la denomina «técnica económica que caracteriza el siglo XII» (*op. cit.* p. 380), a la vez que añade «no se trata de una simple economía de materiales... sino mas bien de tiempo» (*op. cit.* p. 39).

A pesar de su sencillez material, el tapial es una herramienta conceptualmente compleja, cuya concepción ha sido necesariamente el resultado de un largo proceso de depuración. Por el contrario, su elaboración y particularmente su manejo no precisan de una especial cualificación. De hecho, cualquier persona, incluso sin experiencia práctica en una obra, provista de unas puertas, un pisón, un par de peones y otro par de buenos biceps podría levantar un muro de tapia, una vez aclarado el modo de montaje de la horma. No es de extrañar que Hassan Fathy (1989),

que entendía el uso contemporáneo de las técnicas constructivas vernáculas como un instrumento de reforma social, no tuviera una opinión muy favorable sobre esta técnica: «there seem to be many advantages in rammed earth over mud brick-notably that the brick making operations are cut out and that no skill, only brute force, is needed to make walls. Yet I have always considered bricklaying to be far more ennobling activity than pounding away for hours at a mass of earth in a wooden form.» (*op. cit.* p. 123)

Rapidez, economía, tareas repetitivas y descualificadas... No creemos que sea exagerado calificar a la tapia de avanzadilla en los conceptos de organización laboral propios de la sociedad industrial. Quizás por ello resultaría muy interesante conocer en detalle la historia de esta técnica, que concluye en el hormigón moderno, una historia que podría arrojar luz sobre el pensamiento técnico nacido con la Revolución Industrial (cf. Vázquez, 1987).

ERROR Nº 2: «BUSCAR LOS ORÍGENES DE LA CONSTRUCCIÓN EN TAPIAL SERIA TAN EXTENSO COMO REMONTARSE A LOS TIEMPOS EN QUE HABITÓ EL HOMBRE PRIMITIVO»

Tras la subida de los precios del petróleo de los años setenta, prendió en sectores minoritarios del mundo industrializado la conciencia sobre la sobreexplotación energética. En el terreno de la edificación, esta preocupación derivó su atención hacia las técnicas y materiales tradicionales de bajo consumo de energía fósil, entre los que necesariamente ocupa un lugar principal todos los sistemas de construcción con tierra.

La frase que encabeza este apartado, podría extraerse de muchas de las publicaciones partícipes de esta corriente divulgadora (cf. Esteban y Palais, 1986:74), las cuales proliferaron en el penúltimo cambio de década. La mayor parte de estos textos acusan un exagerado afán persuasivo, cuando no descaradamente apostólico, en previsión de la reticencia de un público contaminado por los tópicos de la industrialización. El recurso común para vencer esta adversidad consistió en el uso indiscriminado de todas las fuentes de autoridad posible. Entre éstas ocupó un lugar destacado la consideración del carácter universal y antiquísimo de las construcciones con tierra.

Desconocemos la eficacia de esta línea argumental, sin embargo hemos podido constatar los perniciosos efectos de tan generalista y mixtificadora afirmación. Involuntariamente, se sembró la confusa semilla de considerar conjuntamente una serie de técnicas estrictamente distintas que sólo se parecen, de forma más aparente que real, en la materia prima. En particular, dentro de las fábricas monolíticas conformadas *in situ* es imprescindible hacer una primera y esencial distinción acerca del procedimiento, diferenciando entre el modelado y el moldeo.

Es obvio que tanto desde el punto histórico como antropológico el contenido de una u otra técnica es completamente diferente pues el concepto de molde (instrumento que sirve para dar forma a un material en estado plástico) se encuentra necesariamente en un peldaño técnico y cultural más avanzado que el de dar forma con la mano.

En lo que se refiere a la tapia, pensamos que estas confusas simplificaciones encubren, deliberada o inconscientemente, el desconocimiento de su gestación; la incapacidad para responder a la elemental, y a la vez complicada, pregunta de dónde y cuándo se concibe por vez primera un molde recuperable que permita construir muros con materiales formáceos. Este interrogante es pertinente en la medida en que el tapial es obviamente un artilugio inventado, cuyo desarrollo necesita de una aportación creativa que excede del ámbito de la simple imitación. Hay que recordar aquí una idea manejada más arriba: el tapial es una herramienta a la vez sencilla y compleja, elemental en su elaboración y manejo, sofisticada en su concepción.

Es nuestra intuición que el diseño de los tapiales es el resultado de un largo proceso de depuración, compuesto de tres fases: 1) el muro modelado; 2) el muro moldeado con hormas específicas (a las que desde ahora llamaremos encofrados, en su sentido general); y 3) el muro moldeado con hormas estandarizadas y recuperables (que llamamos tapial, en el sentido del DRAE). Reconocemos que no tenemos fundamentos para demostrar que esta hipótesis sea cierta y aún en el caso de que así fuera no podríamos ubicar en el tiempo cuando cristalizan estos cambios cualitativos.

Hay que señalar, no obstante, que si el moldeo es un procedimiento constructivo relativamente reciente, la tapia es presumiblemente más joven que el adobe, la otra técnica de moldeo por excelencia, por una razón bastante obvia: la fabricación del tapial

precisa de una herramienta carpintera mas compleja que la de la gradilla (el molde del adobe).

Sirvan estas acotaciones de prolegómeno al núcleo de esta segunda parte: la inexactitud de la mayoría de las memorias arqueológicas que supuestamente identifican restos de muros de tapias de tierra. Esta conclusión se deriva de la lectura de distintas memorias de excavación y de la entrevista con alguno de los arqueólogos que las han protagonizado. Pensamos que las causas directas de esta confusión son dos. En primer lugar, ignorar la existencia de fábricas de tierra modelada, que si en estado de deterioro son ya difícilmente distinguibles de las tapias de tierra, lo son todavía más entonces: no se puede «ver» aquello que se ignora. En segundo lugar, desentenderse del punto nodal del asunto que, como ya hemos visto, no es tanto la identificación de la materia como la del procedimiento constructivo, cuestión que se nos antoja de la máxima importancia ya no sólo en el terreno de la construcción sino principalmente en otros que se nos escapan como la antropología o la etnografía. Veamos un par de muestras del modo en que los arqueólogos abordan el tema, escogidas casi al azar.

En la memoria de la excavación de un poblado de la Edad del Hierro en Montealegre (Castilla y León) se dice de una presunta tapia que «la anchura, de 16 cm, fue muy difícil de determinar pues la pared externa del muro aparecía prácticamente desecha...» (Romero *et al.*, 1993:293; ¿el muro tenía 16 cm de espesor, es decir no era de tapia, o se conservan 16 cm?).

Un párrafo de la memoria de las excavaciones en Partalapeña (Rioja) de unos restos arquitectónicos de similar antigüedad es muy significativo: «Desgraciadamente muchos aspectos han quedado sin respuesta [...] No tenemos referencia alguna del tipo de construcción [...] De todos estos interrogantes sólo podemos deducir por unas fotos que han llegado hasta nosotros que en algunos casos, al menos, construyen con muros de tapial.» (Castiella, 1977:148). La deducción resulta asombrosa una vez vistas las fotografías.

Es decir, el arqueólogo conoce e identifica eficazmente los restos de fábrica de adobe donde a pesar de la desfiguración del tiempo quedan huellas del aparejo y a los demás muros de tierra, de los que no sabe nada respecto del modo en que fueron erigidos, los califica de tapiales.

Por tanto, puede afirmarse que el término francés «pisé» o el castellano tapial tal como se encuentra en la gran mayoría de las memorias de excavación solo deben entenderse como «muros de tierra de mediocre calidad» sin referencia técnica precisa (cf. Arcelin & Buchsenschutz, 1985:18). Adoptando un criterio prudente, la aparición del término tapial en el relato de una excavación sólo permite asegurar que efectivamente había un muro de tierra, sin que quepa afirmar si se trataba de una tapia, o de un muro modelado. No somos desde luego ni los primeros ni, mucho nos tememos, los últimos en percatarnos de ello. En particular dentro de la propia disciplina arqueológica se han organizado eventos destinados a mejorar el reconocimiento de los restos de madera y tierra en los que, por cierto, se ha visto la necesidad de construir diccionarios específicos (cf. *op. cit.*; Ginouvès y Martin, 1985; Bazzana, 1980:342 [nota 5]).

La consecuencia inmediata e inevitable es la necesidad de una revisión de la historia de la construcción con tierra. Para esta ingente tarea, nos atrevemos a sugerir dos criterios básicos. Por una parte, la reorientación de la investigación arqueológica de restos arquitectónicos de tierra hacia el procedimiento, dejando al material en un conveniente segundo plano. Por otra, la difusión del principio opuesto al generalmente vigente. Es decir, todo resto de un muro de tierra no es de tapia mientras no se demuestre lo contrario. Demostración que precisa lo siguiente: para el encofrado en general (recuperable o no), la evidencia de la huella del molde; para el tapial en sentido estricto, la evidencia de las unidades repetidas de encofrado.

Conclusión

Una vez expuesta la argumentación, quizá los dos errores reseñados puedan parecer triviales y no merecedores de tanto esfuerzo analítico. Sin embargo, son sólo dos de una numerosa lista de la que sólo podemos apuntar aquí algunos ejemplos por razones de espacio. La atribución al tapial de un origen «árabe» es otro «grán clásico», comparable por su trivialidad a los dos reseñados aquí. La clasificación muy habitual de la tapiería como una técnica «popular» oculta varios hechos: que este procedimiento debiera figurar como el sustento principal de la ar-

quitectura militar de la Edad Media penínsular; que fue también una inagotable fuente de inspiración para el desarrollo posterior de la ingeniería; y que la puesta en obra de la tapia fue indistinguible de la del hormigón en el pasado siglo (al menos en España y a pesar de lo que las innumerables patentes francesas de la época pudieran hacer pensar). Esta «unidad de destino» en lo «popular», la comparte la tapiería con la tierra armada, una técnica clave en la arquitectura militar italiana posterior al uso de la pólvora en los campos de batalla europeos. Finalmente mencionaremos que la Razón ilustrada consideró la tapiería como una técnica simple, lo que llevó a prestigiosos tratadistas como Rondelet a dibujar primorosas láminas de detalles y edificios que son inconstruibles (en sentido literal), al contrario que los edificios que imitan, magníficamente bien construidos a lo largo y ancho de la campiña francesa, antes y después de sus tratados.

Este breve panorama muestra que la *historia de la tapiería* cuenta con un significativo número de puntos oscuros. ¿Por qué ha ocurrido así? ¿Son errores específicos de esta técnica en particular o se trata de «desenfoques» genéricos de la historia de la construcción (quizá debidos a ese saber intelectual que mencionabamos al prinicipio)? Sea como fuere, el análisis histórico de la evolución de la tapiería podría aportar no sólo conocimientos sobre la propia técnica, sino también sobre la evolución de la construcción y sus avatares. Para este último objetivo la tapiería tiene una ventaja sobre otras técnicas: es un procedimiento en sí mismo breve y completo, de manera que el historiador puede centrar su atención en los problemas específicamente históricos. Nuestra hipótesis apunta a la posibilidad de que algunas de las enseñanzas que pudieran extraerse, serían aplicables a la *historia* de otras técnicas mucho menos abarcables.

BIBLIOGRAFÍA

Ali Bey (1814), *Voyages d'Ali Bey en Afrique et en Asie pendant les années 1813, 1804, 1805, 1806 et 1807.* Paris: P. Didot. (Citamos la ed. castellana: *Viajes por Marruecos*. Madrid: Editora Nacional, 1984; edición a cargo de Salvador Barberá.)

Arcelin, P. y Buchsenschutz, O. (1985), «Les donnés de la Protohistoire», en: Lasfargues, Jacques (ed), *Architectures de terre et de bois dans les provinces occidentales de l'Empire romain.* Paris: Maison des Sciences de l'Homme, pp. 15-28.

Basset, H. y Terrasse, H. (1932), *Sanctuaires et Fortereses Almohades.* Paris: Institut des Hautes Etudes Marocaines.

Bazzana, A. (1980), «Éléments d'archéologie musulmane dans Al-Andalus: caractéres spécifiques de l'architecture militaire arabe de la région valencienne». *Al-Qantara* v. 1 pp. 339-363.

Castiella Rodríguez, A. (1977), *La edad del hierro en Navarra y Rioja.* Pamplona: Instituto Príncipe de Viana, Diputación Foral de Navarra.

Esteban, J. y Palais, L. (1986), «Dos casos de restauración en obras de tapial» en *I Jornadas sobre la tierra como material de construcción.* Madrid: Inter-Acción.

Fathy, H. (1989), *Architecture for the Poor.* Cairo: The American University in Cairo Press.

Ginouvès, R. y Martin, R. (1985), *Dictionnaire Méthodique de L'Architecture Grecque et Romaine.* s.c.: École Française d'Athenés et Rome.

Jaldun, I. (1987) *Introducción a la historia universal (Al Muqaddimah).* México: FCE.

Romero Carnicero, F. y otros, eds. (1993), *Arqueología Vaccea.* Valladolid: Junta de Castilla y León.

Terrase, H. (1932), *L'art Hispano-Mauresque.* Paris: Institut des Hautes Etudes Marocaines.

Torres Balbás, L. (1971), *Ciudades Hispanomusulmanas.* Madrid: Ministerio de Asuntos Exteriores (en colaboración con Henri Terrase).

Vázquez Espí, M. (1987), «Barro y cemento: dos tecnologías conexas», en *La tierra, material de construcción.* Madrid: IETcc, monografía nº 385/386, pp. 73-76.

El alcazar omeya de Amman, crisol de técnicas constructivas

Antonio Almagro
Ignacio Arce

Las técnicas y modos constructivas han estado siempre ligados a tradiciones culturales condicionadas por los recursos materiales del área geográfica en que se han desarrollado. Estas tradiciones se han mantenido en muchas ocasiones recluidas en áreas geográficas limitadas debido a cuestiones de aislamiento político, de antagonismos culturales, o a falta de condicionamientos naturales semejantes. Los cambios políticos pueden en determinados momentos suponer la desaparición de una cultura con sus formas, tradiciones y técnicas constructivas o la expansión y difusión de esas tradiciones en áreas muy lejanas. Que la evolución se desarrolle en uno u otro sentido depende mucho de las propias tradiciones de quien pase a dominar sobre una cultura preexistente. Si sus conocimientos técnicos son superiores o si tiene una tradición arquitectónica y constructiva bien definida, la cultura dominante puede hacer desaparecer a la otra o como mucho, sólo pervivirán aquellas técnicas que presenten ventajas de aprovechamiento de materiales locales o se adapten mejor a su climatología o medio ambiente. Sin embargo, si el nuevo poder político dominante tiene una escasa tradición arquitectónica, puede verse atraído por la de aquellos a los que llega a dominar. Si su poder se extiende por amplias áreas geográficas, las posibilidades de difusión de la cultura arquitectónica de los ahora dominados puede verse difundida como anteriormente no pudo.

Quizás ejemplos antagónicos pero que ilustran lo que acabamos de expresar sean los dos grandes imperios que han llegado a dominar la cuenca mediterránea o al menos una parte importante de ella. Roma desarrolló por sí misma, si bien con notables influencias del mundo griego y helenístico, una arquitectura basada en un conocimiento y dominio de determinadas técnicas constructivas que fueron uno de sus mas claros vehículos de expresión cultural. La arquitectura romana fue capaz, tanto mediante sus formas como sobre todo mediante sus técnicas constructivas, de crear un medio homogéneo de expresión artística y de realizaciones utilitarias. Desde Britania a Tripolitania o desde Hispania a Syria, la arquitectura, y sobre todo las técnicas constructivas romanas no sufren mas diferenciación que la de adaptarse a los materiales disponibles en cada zona. Este modo de construir, creación y expresión de una cultura, constituyó a la vez un medio de homogeneización y una barrera frente a otras influencias culturales y técnicas.

Tradiciones como las del mundo parto y sasánida, capaces de realizar obras de arquitectura de la calidad y envergadura del gran salón de Ctesifonte, no tuvieron las más mínima trascendencia en el mundo romano o bizantino. Adaptada a su medio y necesidades, la arquitectura que se desarrolla entre el siglo I antes de Cristo y el siglo VI de la era en las mesetas del Irán y en Mesopotamia, produjo formas que hoy nos asombran por sus logros empíricos tales como los arcos y bóvedas de perfil parabólico o las técnicas de construcción sin cimbras de estos elementos.

El caso resulta inverso para el dominio islámico, mucho mas falto en sus orígenes de tradiciones cons-

tructivas. La rápida expansión de los árabes en el siglo VII desde la Península Ibérica hasta la India puso en contacto a un naciente estado con culturas de muy diversas tradiciones: Sasánida, bizantina, visigoda, etc. todas ellas ajenas a la suya propia y de más vigoroso desarrollo en el campo de la arquitectura. Cuando el dominio islámico se consolida con la dinastía omeya y surge la necesidad de construir edificios que proclamen la nueva realidad política y cultural, los nuevos gobernantes tiene que acudir a las diversas culturas de sus nuevos dominios en busca de modelos arquitectónico y operarios capaces de realizarlos. Quizás por ello, frente al mundo romano que unifica por la homogeneidad de su arte, el Islam se diversifica en múltiples variedades artísticas planteando como sugiere Grabar (Grabar 1979:13-28) la dificultad de definir el arte islámico. Sin embargo, este carácter diverso, fruto de múltiples aportaciones se convierte en vehículo de trasmisión y difusión de técnicas y estilos a todo lo largo del mundo musulmán.

Cuanto acabamos de exponer tiene una clara expresión en un conjunto arquitectónico de cuyo estudio y restauración venimos ocupándonos desde hace años (Almagro 1983a, 1994b). Sin embargo, las excavaciones y los trabajos de restauración mas recientes nos han puesto en evidencia datos de especial significación. El gran conjunto áulico construido en época omeya en la colina de la ciudadela de Amman (Yabal al-Qala) (Almagro 1983a) presenta muy claros testimonios de la fusión de culturas y técnicas constructivas que se produce en los comienzos del período islámico (figura 1). Levantado entre las ruinas de monumentales construcciones romanas cuyo carácter destaca a primer vista, la construcción omeya se identifica por su distinto carácter y sobre todo, por la inclusión de nuevas formas y especialmente de nuevas técnicas constructivas. La construcción romana, siguiendo su propia tradición constructiva está realizada con grandes sillares de piedra (*opus qudratum*). Como en casi todo el oriente, no aparece el uso de opus *caementicium*, probablemente porque la obtención de buena cal estuvo limitada por la falta de combustible abundante. El carácter de los edificios romanos, merced también a la utilización de los órdenes clásicos, obedece en todo al estilo de construcción de la cultura romana.

Aprovechando en parte los restos de las construcciones romanas y bizantinas (Almagro 1994a), que



Figura1
Vista parcial del conjunto del alcazar omeya de Amman

debían encontrarse ya en ruinas, los omeyas planifican el palacio siguiendo modelos de la arquitectura sasánida. Grandes salas abiertas por uno de sus frentes (*iwanes*) (figura 2) dispuestas en patios y muchas veces repetidas sin jerarquizar, arcos de perfil apuntado, arrancando de impostas en saliente y el uso de un nuevo material, el yeso, muestran claramente la incorporación de una cultura arquitectónica nueva. Junto a ella, conviven y siguen utilizándose, sobre todo, técnicas constructivas locales características de la época romana y bizantina. Hay partes del palacio construidas con sillería y la mayor parte de los muros y estructuras se realizan con mampostería que no difiere en su aparejo y construcción de las fábricas de períodos precedentes.



Figura 2
Reconstrucción del edificio F del alcazar de Amman

Esta convivencia de técnicas de tradición tan dispar está poniendo en evidencia la participación de operarios de muy distinta procedencia. Sabemos por textos, pero cada día hay mas evidencias materiales de ello, que los nuevos gobernantes acudieron a muy distantes áreas geográficas y culturales en busca de operarios para atender sus numerosos proyectos constructivos (Creswell, 1969:368). Sin duda el alcázar de Amman es una buena muestra de ello. Podemos conjeturar sin demasiadas dudas, que quién concibió y planificó este conjunto áulico provenía de la zona oriental del mundo islámico: de persia o mesopotamia. El concepto del palacio, la tipología de la mayor parte de los edificios y estancias y la generalidad de las disposiciones estructurales y decorativas muestran claramente el origen de su autor. Junto a él debieron trabajar operarios que conocían materiales y formas de construir totalmente ajenos a la tradición romana y bizantina imperante hasta entonces en Syria. Pero una obra de tal envergadura debió ser realizada sobre todo con recursos constructivos y humanos locales y su tradición y sus técnicas constructivas son también evidentes.

Las técnicas de tradición local no presentan demasiadas particularidades, salvo el hecho de servir en muchos casos como medio técnico para la construcción de formas novedosas. Así ocurre por ejemplo con la fábrica de cantería utilizada en la construcción de las trompas de tipo sasánida que encontramos en la gran sala de ingreso del palacio. Estos elementos resuelven la transición entre la planta rectangular y el arranque circular de las semicúpulas de los laterales de la sala. Sus modelos persas se construyeron con mampostería y yeso, enluciéndose después (Pope 1939:498-504). Esto provocó la falta de rigor en su definición geométrica que pasó de ser medio cono a una forma indeterminada y moldeada directamente en el sitio. Cuando se intentan repetir las mismas formas en cantería, la falta de una correcta definición geométrica impide la correcta resolución de su estereotomía, obteniéndose finalmente una solución en que la cara exterior tuvo que ser sin duda labrada in situ.

También se resuelven con técnicas locales las nuevas formas y tipologías de origen oriental. Así, los arranque de arcos y bóvedas se realizan siempre con un ligero saliente de escasos centímetros que muchas veces marca una falsa imposta muy por debajo del inicio real de la curvatura de los arcos o las bóvedas. También resulta novedoso respecto a la tradición local la utilización de arcos apuntados que junto con el peralte producido por el descenso de los resaltes que marcan la imposta, se aproximan a las formas parabólicas a veces adoptadas en las construcciones sasánidas. Su construcción se realiza no obstante con cantería o mampostería muy regular.

Las fábricas de mampostería utilizadas en la construcción de los muros son, como ya hemos dicho, de tradición local, al igual que los enlucidos. En ambos casos se utiliza mortero de cal, de escasa calidad y con abundancia de cenizas vegetales en el asiento de los muros y de mejor calidad y consistencia en los enlucidos. No puede afirmarse en absoluto que la escasa calidad de la cal utilizada se deba a un desconocimiento de la técnica de su fabricación y puesta en obra, pues en algunos casos, especialmente en el asiento de la fábrica de sillería del vestíbulo, encontramos cal de enorme calidad y dureza. También en enlucidos, sobre todo de elementos hidráulicos como cisternas o canalizaciones, la cal es de gran calidad. La impresión que da es que la cal de los morteros de asiento de la mampostería es escasa en la proporción en que se integra en éste y que la adición de cenizas, cuya finalidad no conocemos, no mejora el fraguado. La inclusión de estas cenizas ha podido tener dos objetivos. En primer lugar esponjar el mortero en muros de gran espesor permitiendo la entrada de anhídrido carbónico para facilitar la carbonatación, pero evidentemente a costa de restar compacidad al mortero. También podría haberse considerado a las cenizas como aditivo para dar hidraulicidad al mortero, aunque esto resulta de dudosa eficacia dado el carácter de las cenizas que son de origen vegetal.

Mayor interés a nuestro juicio presentan las técnicas constructivas de origen persa y mesopotámico. De ellas quizás lo mas resaltable es la aparición de un conglomerante prácticamente desconocido en construcciones anteriores en la zona, y cuyo uso no tuvo tampoco continuidad, pero cuya expansión en el mundo islámico es bien notoria. Nos referimos al yeso, utilizado, podemos decir que de forma puntual en ciertos elementos constructivos del palacio (Almagro 1983a:144, 1995). Este material, al que se debe en gran medida el desarrollo de la arquitectura sasánida, apenas tuvo uso en occidente antes de la llegada de los árabes. Sólo conozco su empleo como material moldeable en la decoración de las termas romanas de Bílbilis, pero sin ninguna función como

material estructural. Tras la conquista musulmana su uso llegó a ser casi exclusivo en amplias zonas de la península, como por ejemplo en el valle del Ebro y el sur de Aragón, en donde se utiliza como conglomerante en fábricas de mampostería pétrea y de ladrillo y en tapiales (Almagro 1986). En ciertas zonas y construcciones su aparición es determinante para conocer si una obra es islámica o cristiana (Almagro 1976:291, 1981:239) El alcázar de Amman es sin duda un punto de referencia a considerar en la expansión de las técnicas constructivas basadas en el uso del yeso por el mundo musulmán, tal y como otros edificios de época omeya ya lo eran en su utilización como material para realizar las decoraciones.

El yeso aparece utilizado en elementos que requerían una puesta en carga inmediata. Fundamentalmente se trata de los dinteles de las puertas, formados por piedras irregulares dispuestas con forma de tosco dovelaje, y en las columnas (figura 3) y arcos de los patios, construidos igualmente con mampostería irregular. Son elementos sin duda contemporáneos al resto de las construcciones pues no se aprecia solución de continuidad en las formas y los aparejos, sino solo en el mortero que se utiliza para asentar las piedras y que se extiende por todo el espesor del muro, no pudiendo por tanto, corresponder a operaciones de reparación. En estos elementos era imprescindible conseguir una elevada resistencia en corto plazo de tiempo para poder proseguir la obra sin interrupción. Sin embargo, lo más digno de resaltar es el recurso a utilizar determinados elementos prefabricados de yeso para permitir una construcción mas rápida y con menos medios auxiliares.



Figura 3
Basa y trozo de fuste de columna conservados en el edifcio F

Entre los restos de las arquerías del edifico que denominamos F, caídas sin duda por efecto de un terremoto, se ha podido individualizar con claridad la utilización de dos elementos distintos prefabricados. Se trata en primer lugar, de unas placas cuadradas de 80 cms de lado y 4 o 5 cms de espesor (figura 4), que se usaban a modo de capitel sobre las columnas cilíndricas. Servían para realizar la transición de la sección circular de la columna a la sección cuadrada de las impostas de los arcos (figura 5). Como el material utilizado es siempre piedra irregular, estas piezas servían no solo para dar un perfil regular a las aristas, sino como elementos de soporte auxiliar, pero perdidos luego en la propia obra, sobre los que apoyar la primeras piedras de los arcos. Las placas presentan

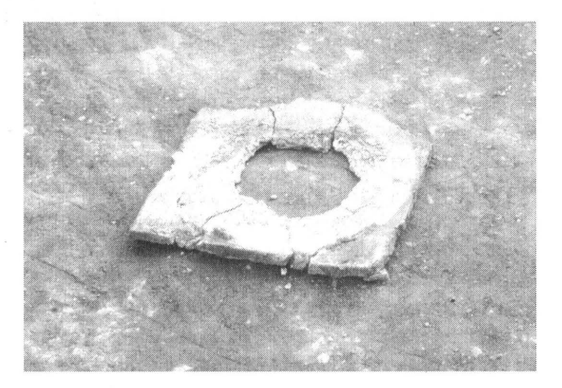


Figura 4
Placa prefabricada de yeso usada como capitel

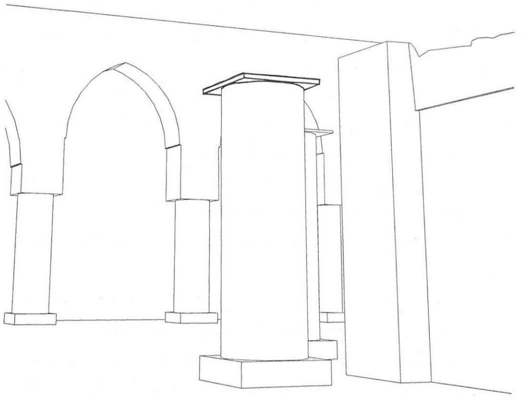


Figura 5
Colocación de la placa en lo alto del fuste

una cara bien alisada mientras la otra aparece rugosa. Cuando apareció la primera adherida a un trozo de columna, como la cara lisa aparecía en el mismo lado en que se unía al fuste, pensamos que se trataba de una base. Sin embargo, el hecho de formar una pieza movida y caída junto a una basa que estaba in situ nos hizo recapacitar y analizarla con mas detenimiento. Fue entonces cuando nos dimos cuenta de que se trataba de una pieza independtente, que había sido fabricada antes de su puesta en obra pues sólo así podía ocurrir que estuviera bien alisada por su cara inferior, incluso en la zona en que apoyaba en el fuste. El análisis de otras varias que fueron apareciendo nos demostró que habían sido fabricadas, seguramente con un sencillo molde de madera, en el suelo sobre un simple lecho de arena. La cara superior, que luego era colocada boca abajo para quedar parcialmente aparente, se alisaba con cuidado, seguramente con una llana o instrumento similar. La cara inferior, sobre la que luego se iniciaba la construcción de los arcos quedaba rugosa con la forma del lecho, facilitando una mejor adherencia del yeso y la mampostería. Para permitir una cierta continuidad de las fábricas e impedir que estas placas supusieran un punto de deslizamiento en la estructura, en el centro de las mismas se dejaba un orificio de unos 20 cms de diámetro, de forma muy irregular y abierto cuando el yeso aún no había fraguado. El hecho de que los orificios tengan forma de tronco de cono invertido, aunque muy irregular, demuestra que éste se hacía con el yeso sin fraguar y en la misma posición en la que eran fabricadas las placas.

Las otras piezas prefabricadas son unas piezas planas de directriz curva utilizadas para definir las aristas del intradós de los arcos (figura 6). Estas piezas, cuya sustentación en obra se haría mediante unas ligerísismas cimbras o con maderas y palos de escasa entidad, debían cumplir varias funciones. En primer lugar definían la forma de los arcos no solo durante la ejecución de la obra, sino que como elementos perdidos constituían las aristas del intradós. Además servían a su vez y en cierta forma de cimbra para la mampostería que formaba los arcos que al estar recibida con yeso, se adhería con facilidad a estas piezas, pudiéndose de este modo construir toda la estructura con escasísismos medios auxiliares. Cuando toda la masa muraria se enlucía con yeso, estas piezas, al igual que las que hacían de seudocapiteles quedaban totalmente ocultas.

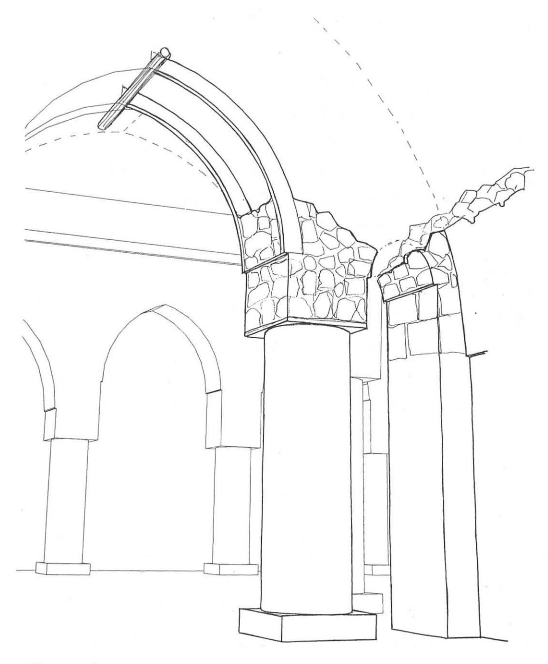


Figura 6
Piezas prefabricadas de yeso para la construcción de los arcos

La utilización de este tipo de elementos prefabricados de yeso con función de cimbras, ya sea como elementos perdidos dentro de la fábrica o como piezas independientes recuperables o demolibles está documentada en Irán todavía en tiempos recientes. En unos apuntes del profesor G. Zander, gran conocedor de la arquitectura persa, distribuidos en el curso del ICCROM de Roma en 1973, se recogían este tipo de técnicas para la construcción de cúpulas de mampostería y yeso. Por otro lado también hemos podido comprobar el empleo de piezas parecidas en los arcos diafragma de una construcción coetánea al alcázar de Amman en Jordania: el pequeño castillo del desierto conocido como Qasr al-Jarrana (Urice 1987). Este edificio, asimismo de clarísima influencia sasánida y construido con mampostería recibida con mortero de yeso (Almagro 1983a:184), presenta una serie de salones cubiertos con arcos transversales sobre los que apoyan bóvedas de perfil muy rebajado. En estos arcos transversales, cuyo aparejo es muy peculiar, adaptado sin duda para su construcción sin cimbra, se aprecia el uso de placas

prefabricadas para formar las partes centrales de los mismos.

Estos detalles constructivos, que quizás puedan tener un carácter anecdótico, resultan no obstante muy ilustrativos de cuanto expresamos en un principio, pues se trata sin duda de habilidades constructivas que solo quienes las han practicado habitualmente serían capaces de realizarlas con soltura y de forma sistemática. Resulta en todo caso paradójico que no se utilicen en el palacio de Amman técnicas semejantes como las que permiten construir bóvedas de ladrillo sin cimbra, para la construcción de estructuras abovedadas. Las que hemos podido conocer o conjeturar sobre su disposición en el alcázar de Amman, sabemos que estaban construidas con piedras con una labra incipiente y con forma de dovelas y por tanto sostenidas por cimbras durante el proceso constructivo. El ladrillo, que hubiera hecho factible el construir sin dichos elementos auxiliares, solo aparece utilizado en el hipocausto del baño y posiblemente en los antepechos de las terrazas. La técnica de roscar las bóvedas de ladrillo con las piezas sentadas con yeso y a bofetón sobre la rosca anterior iniciando el proceso a partir de uno de los muros de los testeros, fue utilizada en otras construcciones omeyas como Qasr al-Masata y Qasr al Tuba. En estos edificios se puede observar otro detalle también relacionable con el alcázar de Amman. Se trata de marcar con las yemas de los dedos las juntas de los ladrillos. En una de las basas del edificio F que ha conservado parte del enlucido, se aprecia un acabado semejante a base de estrías cruzadas hechas con las yemas de los dedos. Lo que no sabemos es si éste era el acabado definitivo o si servía para facilitar la adherencia de un enlucido final.

No todas estas técnicas se difundieron por igual en todo el mundo musulmán. El uso del yeso sí se generalizó en todo el norte de Africa y en al-Andalus. Las técnicas de construcción de bóvedas de ladrillo sin cimbras llegaron también a al-Andalus y están bien documentadas en época Nazarí (Almagro 1991) y también con anterioridad (Hernández 1975). Disposiciones como el arranque de arcos y bóvedas en un ligero saliente de escasos centímetros las tenemos en época emiral (Almagro 1983b:98) y se mantienen como recurso característico en todos los períodos del dominio musulmán de la península. El uso de piezas prefabricadas de yeso es abundante en las organizaciones decorativas y si podemos considerar los mocárabes como piezas estructurales, tendríamos aquí también un ejemplo de trasmisión y pervivencia de las mismas tradiciones constructivas. Las formas y tipologías arquitectónicas sasánidas tuvieron menos fortuna en el occidente. Ni las salas abovedadas abiertas en uno de sus frentes (*iwanes*) ni las columnas cilíndricas con base prismática y sin capitel, ni los arcos apuntados o de directriz parabólica llegaron a al-Andalus. Seguramente cuestiones climáticas y de tradiciones distintas detuvieron su expansión que solo llega parcialmente a Egipto. Los arcos apuntados solo harán su aparición estructural en los siglo XI y XII y siempre unidos a la forma de herradura. Sin embargo la difusión de otros aspectos, sobre todo constructivos, prueba hasta que punto nuevas situaciones políticas y culturales facilitan la difusión de tradiciones y técnicas constructivas desconocidas con anterioridad en zonas distantes.

Bibliografía

Almagro, A. 1976, «Las Torres Bereberes de la Marca Media. Aportaciones a su Estudio», en *Cuadernos de la Alhambra nº 12.* Granada. pags. 279-305

—1981, «Restos Musulmanes en las Murallas de Cuenca», en *Cuadernos de la Alhambra, 15-17,* Granada, pags. 233-248

—1983a, *El palacio omeya de Amman. I La Arquitectura.* Madrid.

—1983b, «La Puerta Emiral de Calatayud», en *Homenaje al Prof. Martín Almagro Basch, vol IV.* Madrid. pags.95-105

—«El yeso, material mudejar», *Actas del III Symposio Internacional de Mudejarismo,* Teruel, pags. 453-457.

—1991, «La torre de Romilla. Una torre nazarí en la Vega de Granada», en *Al-Qantara XII,* 1, pags. 225-250.

—1994a, «A byzantine building with a cross shape plan in the citadel of Amman». *Annual of the Department of Antiquities of Jordan.* XXXVIII.

—1994b, «Experiencias del pasado y proyecto para el futuro: El Alcazar omeya de Amman», *Siti e Monumenti della Giordania,* L. Marino (Editor). Firenze. p.67-72.

—1995, «Remarks on the building techniques during umayyad times», *Studies on the History and Archaeology of Jordan, V,* Amman. pags. 271-275.

Creswell, K. A. C. 1969, *Early Muslim Architecture.* vol I, Umayyads, Oxford.

Grabar, O. 1979, *La formacion del arte islámico,* Madrid.

Hernández, F. 1975. *El alminar de Abd al-Rahman III en la mezquita de Córdoba,* Granada.

Pope, A.U. 1939, *Survey of Persian Art,* vol. II, Sasnian Architecture by O. Reuther. Londres.

Urice, S. 1987, *Qasr Kharana in Transjordan,* Durhan NC.

Penetración y afianzamiento del ladrillo en la arquitectura asturiana del siglo XIX (1835-1936)

Covadonga Álvarez Quintana

Entre la Antigüedad y la Revolución Industrial la construccion en Asturies prescindió del empleo del ladrillo, ignorando su potencialidad como cerramiento y estructura. La excepción que confirma este aserto la entrañan obras latericias muy puntuales del tiempo de la romanización (termas de Gijón), que no lograron imponerse a las fábricas pétreas de la cultura local castreña (Coaña). Más tarde, el Medievo difundió el uso de los aparejos líticos en la arquitectura monumental religiosa (desde el prerrománico asturiano), la única superviviente del antiguo Reino de Asturies, pereciendo la civil y popular, más pobre y así no reacia al adobe como auxiliar de cerramientos verticales a cubierto. Tampoco la presencia árabe, rápidamente repelida en la región, favoreció la incorporación de sus *opus* latericios ni los consiguientes del mudéjar, tan brillantes en otras comunidades españolas y, en cambio, desconocidos en Asturies.

A los factores culturales referidos habría que añadir los inherentes al medio físico, en pro de una explicación ponderada del desconocimiento del ladrillo en la Asturies preindustrial. La humedad atmosférica y la pluviosidad, así como la abundancia de piedra (que no ausencia de arcilla) y el dominio de las técnicas de los aparejos pétreos entre profesionales y paisanos justifican el desuso del adobe —tan utilizado en la vecina tierra leonesa—, y por extensión del ladrillo. Ello por la misma razón que motivó la temprana implantación en la región de la teja árabe: la imposición por el clima lluvioso y la propiedad mayor de la *tegula* cerámica sobre la cubierta vegetal; argumentos, natural y práctico respectivamente, antepuestos al factor cultural de la no arabización asturiana.

Tesis

1ª. Con la revolución industrial (1835 en Asturies), y como uno más de sus efectos convulsos, incluido el campo de la construcción, se introduce en Asturies un material prácticamente desconocido.

2ª. El ladrillo prensado visto de color rojo, utilizado en muros exteriores de carga o fachadas, incidió/-e decisivamente en la imagen exterior de los edificios que lo incorporaron. Y al tratarse éstos, más que de edificios sigulares de servicios públicos (escuelas, mercados, etcétera), del repertorio constructivo industrial (instalaciones productivas: naves, chimeneas; sociales: viviendas y equipamientos de empresa; construcciones ferroviarias), se concluye que el ladrillo rojo a cara vista se convierte en Asturies en la seña de identidad de la arquitectura industrial histórica respecto a la culta y a la rural popular, al tiempo que la universaliza por la semejanza de su imagen con la del patrimonio industrial de Europa.

3ª. El espíritu, la técnica y el lenguaje formal del ladrillo macizo para fachadas, el dominante en Asturies entre 1835 y 1936, no es el ornamental anglofrancés, de moda en la Ingleterra victoriana y la Francia del II Imperio, basado, sobre todo, en juegos de policromía latericia o de las fábricas mixtas de ladrillo y piedra; ni tampoco el decorativo neomudéjar (cultivo del relieve, más que de los valores cromáti-

cos. Si no que se trata del ladrillo racionalista (desdén por realizaciones ornamentales, anteponiendo criterios de economía y utilidadad), que proponen para la construcción industrial y obras públicas las potencias europeas desde la era del maquinismo. Los empresarios y técnicos pioneros, casi siempre extranjeros, afincados en Asturies serán los artífices de esta transferencia del ladrillo europeo a la que fue, hasta 1936, una de las tres regiones (junto con Euskadi y Catalunya) más industrializadas de España. Y las empresas que aquéllos dirigieron y capitalizaron, las primeras fabricantes de ladrillo prensado para construcción industrial (autoabastecimiento para hornos de siderurgia y minería, los dos pilares del maquinismo regional) y civil.

4ª. Por lo antedicho, resulta obligada la referencia al ámbito del ladrillo inglés, belga y francés, lugar de procedencia desde 1935 de los primeros inversores y directivos de la naciente industria moderna asturiana. Especialmente al británico, dadas la proximidad física y las buenas comunicaciones marítimas existentes entre las dos regiones del arco atlántico, así como el conocimiento que ya los destacados ilustrados asturianos tuvieron del curso económico seguido por la que sería artífice de la revolución industrial. A la analogía de los recursos económicos explotables por procedimientos modernos (carbón y hierros) se añadiría la relación estrecha y transferencia inmediata —por ejemplo, Gran Bretaña construye el primer ferrocarril en la misma década, la de los treinta, que España— de la cultura maquinista vigente entre Asturies, Inglaterra, Bélgica y Francia, lo mismo que la formación de profesionales (planes de estudios de la Escuela de Facultativos de Minas, Hornos y Máquinas de Mieres) y la difusión de técnicas de explotación que permanecerían en la región asturian tras abandonar los extranjeros las empresas en la llamada segunda era industrial (desde 1865/1874), precisamente cuando el Principado (también en paralelo con Gran Bretaña, Francia y Bélgica) se asoma a la otra revolución, ligeramente diferida de la industial propiamente dicha y de la que fue consecuencia directa, la constructiva.

5ª. La fiebre constructora que despierta en Asturies, primero la revolución industrial de los años treinta, y más tarde la restauración alfonsina y la repatriación de capitales de 1898 por parte del gran número de emigrantes asturianos enriquecidos en Cuba, creará un clima favorable al desarrollo de las construcciones latericias, tanto en el marco de las ciudades y villas, ahora en constante y acelerado crecimiento, como en el ámbito de la arquitectura industrial, donde las nuevas generaciones de indianos toman el relevo de las de los técnicos y capitalistas de origen europeo. La onda expansiva del ladrillo asturiano alcanzará a las provincias limítrofes (León, ejemplos concretos de Pola de Gordón y La Robla, o Valladolid), comunicadas con ella desde los años ochenta a través del Ferrocarril del Norte (Madrid-Gijón) cuyo tendido utilizaron no en vano las principales fábricas de Asturies para comercializar sus productos.

Desarrollo y argumentaciones

El ladrillo, aspectos varios

Pese a tratarse de un material barato y vulgar, el ladrillo gozó de gran fortuna y difusión desde la revolución industrial. Ello tanto en el campo de las obras públicas como en el de la arquitectura civil, donde su uso, ininterrumpido hasta nuestros días, permite hablar de dos siglos y medio de utilización. Así mismo, el ladrillo actuó a un tiempo como causa y efecto de las dos revoluciones que desencadena la era del maquinismo: la industrial y la edilicia. De una parte produjo y generó construcciones, induciendo con ello al consumo de dicho material; de otra, hizo despuntar uno de los sectores más pujantes de la industria de la construcción, el de las tejeras mecánicas, motivando así la producción latericia.

Muchas fueron las virtudes que ya desde mediados del siglo XVIII se apreciaron en el ladrillo. No sólo el ahorro inherente a su fabricación mecanizada respecto a la sillería a la que otorgó el relevo y al propio ladrillo de fabricación artesanal y paisana (figura 1); también la rapidez y sencillez de su colocación en fábrica, la adaptación a climas húmedos como el asturiano, la ausencia de mantenimiento.[1] la resistencia y conservación permanente de la forma o la incombustibilidad. Ventajas todas que no impidieron en Asturies su convivencia en obra con otros materiales tradicionales (mampostería), formando fábricas mixtas tocadas de un efecto cromático no premeditado, pero hoy muy apreciado por los historiadores de las formas arquitectónicas.

El ladrillo (silicato de alúmina) prensado rojo

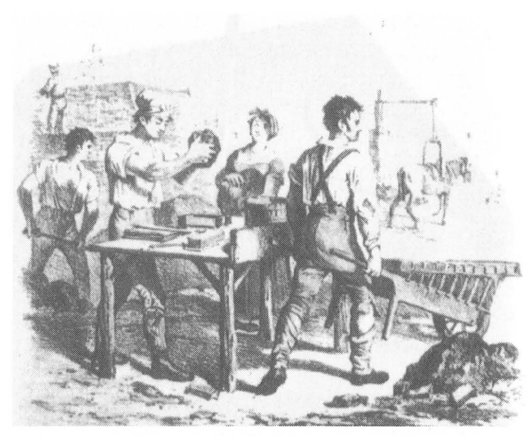


Figura 1
Producción artesanal de ladrillos (*tamargos o tejeros*), que coexistió en Asturies con la mecanizada durante todo el periodo estudiado, especialmente en zonas rurales periféricas, alejadas de las principales fábricas y carentes de buenas comunicaciones, Grabado inglés publicado por Cunningham (véase bibliografía)

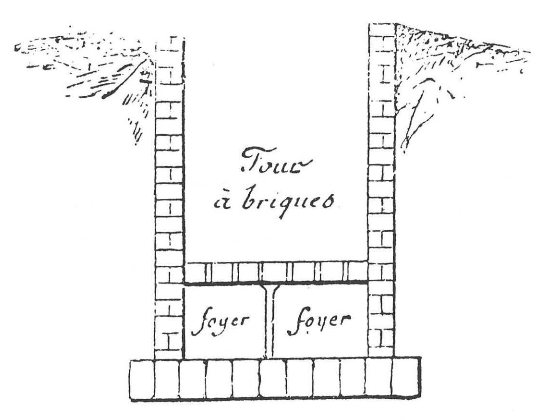


Figura 2
Horno de ladrillos (*four à briques*), publicado por Barré en la Enciclopedia de la Construcción, vol. 2, 1901

que se utilizó en Asturies tenía similar composición, antes de la cocción (figura 2), de arcilla y arena que la utilizada por las piezas fabricadas en Europa, así como una cara más rugosa para recibir el mortero y favorecer el asiento.[2] También el color rojo sucio y homogéneo, la superficie satinada sin barnizar, las medidas (muy temprano objeto de estandarización), y el peso repiten las de los ladrillos españoles (*del país*), tipo Borgoña, belgas, ingleses y franceses.[3]

También la gran variedad de tipos y sus posibles clasificaciones universalizan el ladrillo producido y consumido en el Principado. Aparte del ornamental vidriado, excluido de este trabajo y de escaso alcance en la comunidad; del hueco, escasamente utilizado antes de la fecha final del período estudiado, y del refractario, debido a su especialización, existe la posibilidad de agrupar las piezas en ladrillos comunes y de clase excepcional (desconocidos en Asturies); tipos Borgoña, España (donde se incluiría el nuestro) y Castilla; variedades según usos: comunes, para hornos, tiros de humos,[4] depósitos de agua, acueductos y pavimentos; modalidades según secciones: curvas (piezas cerámicas tubulares, semicirculares o bovedillas), rectangulares huecos (de dos a seis *túneles o cavidades*) (figura 2), etcétera.[5]

De los cuatro usos que del material cerámico no vidriado se conocen en Asturies, dominó sobremanera el empleo en cerramientos verticales y cubierta, respecto a su destino como forro incombustible de vigas y pilares,[6] y pavimento interior o exterior. Aparte de la tabiquería de ladrillo, muy apreciada por su ligereza y repelencia del fuego, fue en las fachadas donde el material alcanzó, con gran diferencia, su mayor difusión. Dentro de ellas, excepto en las naves industriales, donde se abundó en paramentos enteros de aparejo latericio, fue en puntos muy localizados de la arquitectura doméstica y de servicios donde se fijó el empleo del ladrillo prensado a cara vista. Concretamente en los ángulos, tando de las esquinas como de los huecos de fachada (figura 3), allí donde hasta entonces se había labrado con gran coste económico la piedra. De ahí la fábrica mixta que se indica más arriba, tan frecuente en Asturies como en zonas de Inglaterra ricas en piedra (figura 4), creando los lienzos de mampostería asociados al ladrillo esa combinación de color, textura y dibujo tan rica y estimulante a la vista, apenas dañada cuando, como ocurrio aquí con notable frecuencia, el aparejo pétreo se cargaba y encalaba. Por su parte, las bandas de ladrillo en las aristas contemplaron en Asturias dos variantes: o bien un encenefado contínuo y liso, o bien un efecto dentado de motivaciones siempre técnicas, pero tampoco exento de un efecto estético de agradecer (figura 5).

Por lo que atañe a la cubierta, oculta bajo la teja

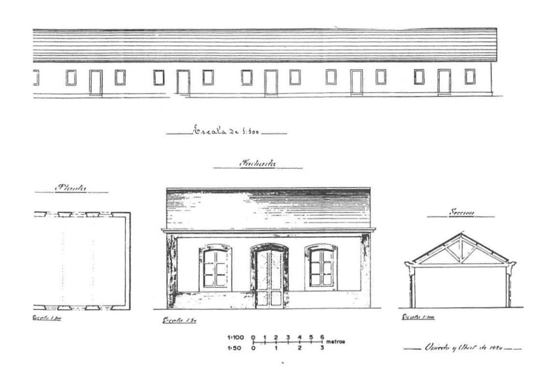


Figura 3
Casas construidas por la Cerámica Asturiana de San Claudio (Oviedo) para sus trabajadores (1900). Ejemplo del característico empleo del ladrillo en Asturies: zócalos esquinas y marcos de ventanas (sombreado) en piezas prensadas de color rojo a cara vista. Publicadas por Sergio Tomé, (1988)

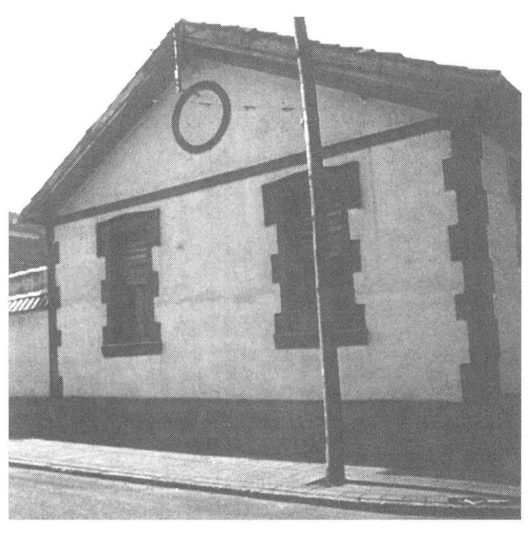


Figura 5
Ejemplo de dinteles curvos, y jambas y esquinas festoneadas en una vivienda asturiana, soluciones ambas muy utilizadas, igualmente, en Gran Bretaña y Bélgica

árabe y en menor medida bajo la plana fabricada por las principales cerámicas de la región, en el Principado apenas se recurrió a estructuras horizontales de ladrillo, tal y como fue frecuente en Catalunya o Gran Bretaña,[7] especialmente en las fábricas, sobremanera en las de pisos, que habrían de soportar grandes pesos y presiones derivados de la maquinaria pesada que cobijaban. De ahí también que la natural e inveterada (Mesopotamia Antigua) asociación del ladrillo al sistema arco-bóveda-cúpula, se ignore en Asturies, excepción hecha de los dinteles curvos (figura 5) con que se confeccionaron prácticamente todos los vanos de fachada.



Figura 4
Fábrica mixta de ladrillo y mampostería en una vivienda de Cornualles, Inglaterra. Obsérvese la analogía con la empleada en Asturies, advertida en una de las tesis manejadas en el texto

El acelerado crecimiento de la producción y consumo de ladrillo, no sólo debió imponer en Asturies, como en toda Europa,[8] una adaptación progresiva de los profesionales al nuevo material constructivo, sino también la generación progresiva de profesionales especializados en su colocación, los llamados *maestros ladrilleros*, asistidos por ayudantes o peones que con el paso del tiempo ascenderían a la categoría y cualificación de aquéllos (figura 6).

Las fábricas de ladrillo

Las dos etapas de la historia del ladrillo moderno (1780-1830, dominio de la producción por procedimientos artesanales, y desde 1830, nacimiento de las *tejeras mecánicas*) vienen marcadas por unos mismos criterios de localización geográfica compartidos por el Principado respecto a Europa. Son la proximidad de las materias primas (arcilla y arena), la disponibilidad de cauces de aguas y recursos energéticos (en Asturies el carbón, particularmente abundante),



Figura 6
Ladrilleros en pleno trabajo a pie de obra en Manchester, hacia 1890. Foto publicada por Collin Cunningham (véase bibliografía)

la cercanía de vías de comunicación (figura 7) (ferrocarril desde los años treinta y en las tejeras mayores y más antiguas, como Guisasola, desde los setenta), y la existencia de centros consumidores en una radio de acción que con la revolución de los transportes se irá ampliando progresivamente.

Los tipos de ladrillos (figura 8), los procedimiento de fabricación, fases de la cadena de producción, maquinaria utilizada en cada una, lo mismo que la tipología del establecimiento cerámico, encajable dentro de la llamada *fábrica colonia*, integrada por varias construcciones terrenas y exentas (naves cerradas, tendejones abiertos, hornos, casa de calderas con su chimenea, parques de materias primas y de depósito de productos elaborados, playa de vías, apartadero de ferrocarril, etcétera),[9] se universaliza independientemente de que se trate de un establecimiento asturiano u otros de Liverpool o Hamburgo.

Por lo que atañe a los establecimientos cerámicos asentados en el Principado (figura 9), cabe distinguir entre los no especializados pero que se autoabastecían de ladrillo para las construcciones de su patrimonio (las siderúrgias Fábrica de Mieres y Sociedad Duro), y las dedicadas a la producción exclusiva de ladrillos, tejas (principalmente) y, en menor medida, a otros artículos del ramo. Entre estas últimas cabe situar por su carácter de pionera, superior envergadura y capital, así como más larga vida activa, a Cerámicas Guisasola (Cayés, Llanera), 1868 (figura 10), seguida, ya a una distancia impor-

Núm. de orden.	LADRILLOS Y BALDOSILLAS	Precio del ciento. — *Pesetas.*	Peso aproximado de cada pieza. — *Kilogramos.*
1	Ladrillo prensado, tipo Borgoña.	5	2,400
2	Idem íd. España.	6	2,400
3	Idem íd. Castilla.	7	3,600
4	Idem íd. Borgoña, para dovela.	6	2,300
5	Idem íd. íd., íd	6	2,500
6	Idem íd. íd., mocheta.	6	2.200
7	Idem íd. España, mocheta	7	2,250
8	Idem íd. Borgoña, mocheta prolongada. . . .	7	2,000
9	Idem id. íd., media caña.	7,50	2,250
10	Idem íd. cornisa grande, ancha.	20	3,700
11	Idem íd. íd id., estrecha	20	3,200
12	Idem tipo España chaflán.	7,50	2,300
13	Idem íd Borgoña para moldura.	7,50	2,300
14	Idem hueco íd.	4	1,650
15	Idem íd España	4	1,680
16	Idem id. íd	5	3,000
17	Idem íd. común.	3,25	1,350
18	Idem íd. para dovela y bovedillas.	5	1,500
19	Idem íd. portabotellas.	15	6,400
20	Idem íd. tipo París.	15	»
21	Baldosillas de 25 al metro cuadrado.	6,50	1,700
22	Idem de 36 íd. íd.	5	1,000
23	Idem para cartabón.	7,50	1,700
24	Ladrillo árabe para embaldosado.	6	1,200
25	Idem tipo España íd.	6	2,300

N.º de orden	PRODUCTOS VARIOS	Precio de cada pieza. — *Pesetas.*
1	Chimenea monumental.	50
2	Idem calada.	7,50
3	Idem sencilla.	4
4	Remate de chimenea cuadrada.	3
5	Idem íd. íd..	2,50
6	Sobrebalcón grande.	20
7	Idem concha.	12,50
8	Llave de arco, busto de mujer.	5
9	Idem íd. de hombre.	5
10	Idem íd. sátiro.	3,50
11	Idem íd. hoja.	3
12	Idem íd. escudo.	3
13	Ménsula.	4
14	Pasamanos alto.	0,75
14	Idem curvo.	0,50
15	Balaustre 3 piezas.	4
16	Cornisa monumental.	3
17	Idem íd.	2
18	Idem íd. ángulo.	5
19	Idem íd.	3
20 y 23	Idem íd. ángulos de capitel.	5
21 y 22	Idem íd. íd..	4
24	Tubo cuadrado para chimenea.	1
25	Idem íd. íd..	1.25
26	Gran jarrón.	50
27	Jarrón artistico.	25
28	Tubo continno sin enchufe (el metro).	0,75
29	Idem íd. íd..	1
30	Tubería de varias dimensiones.	»

N.º de orden	PRODUCTOS PARA CUBIERTAS DE TEJADOS	Precio. — *Pesetas.*	Unidad.	Peso aproximado de cada pieza. — *Kilogramos.*
1	Teja plana tipo Borgoña, 13 al metro cuadrado.	18	Ciento.	3,000
2	Media teja íd. íd..	18	íd.	2,000
3	Teja plana íd., unión al caballete. . . .	22	íd.	3,300
4	Idem con caballete, para muros.	40	íd.	4,000
5	Idem tipo Borgoña, 21 al metro cuadrado	12	íd.	1.700
6	Idem íd. Boulet, 21 íd..	12	íd.	2,000
7	Idem íd. Marsella, 13 íd..	20	íd.	3,300

Figura 7
Tabla de precios y pesos de productos de la fábrica de Silió en Valladolid, publicado en Barré, *Enciclopedia de la Construcción*, vol. 2, 1901

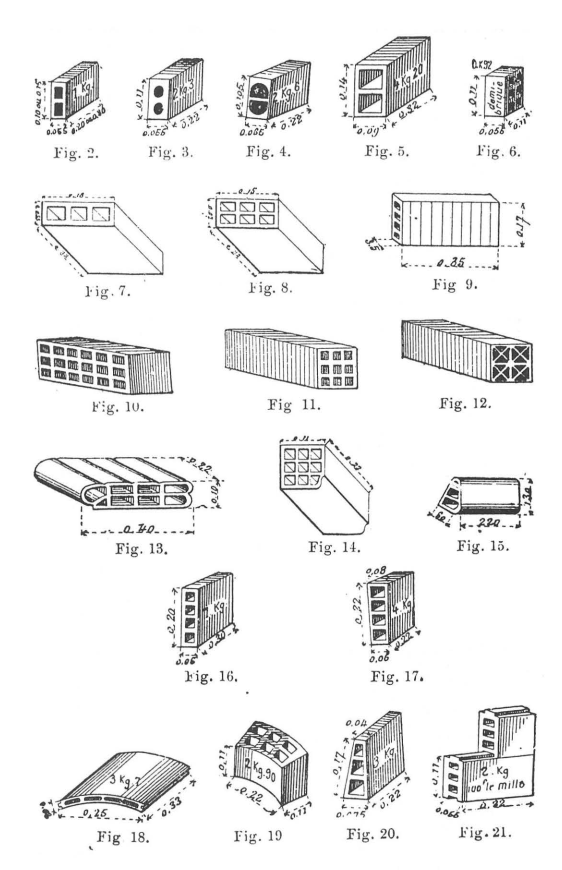


Figura 8
Variedades de ladrillos, Barré, *Enciclopedia de la Construcción*, vol. 2, 1901

tante, de la Sociedad Cerámica Asturiana (San Claudio, Oviedo), 1896, y, finalmente, la fábrica de ladrillos refractarios de La Felguera, 1898, y Cerámica Gijonesa, 1901; todas en el valle central asturiano, el área mejor comunicada, más industrial y urbanizada.

DENOMINACION	AÑO	LOCALIDAD	PRODUCTOS
Cerámicas Guisasola	1870	Cayés (Llanera)	Ladrillo, teja, cerámica esmaltada
Cerámica Asturiana	1896	San Claudio (Oviedo)	Ladrillo, teja
Cerámica La Felguera	1898	La Felguera (Langreo)	Ladrillo refractario
Cerámica Gijonesa	1901	Gijón	Ladrillo

Figura 9
Cuadro de las fábricas de ladrillo en Asturies (evolución fábricas firma Guisasola de Álvarez González, Fernando; Sclau, Felgu, etc)



Figura 10
Fotografía de fragmentos de productos (hacia 1940) de la Fábrica Guisasola (archivo Fernando Álvarez, véase bibliografía)

Aspectos estéticos

Ya por último, cerrar remitiendo a dos de las tesis del comienzo: en el terreno estético o de los lenguajes arquitectónicos subrayar que el ladrillo en Asturies se orientó hacia formas racionalistas (prácticas, técnicas, puras, sinceras, esencializadas, minimalistas), erigiéndose por ello en un material que se adelántó en más de un centenar de años a la filosofía del funcionalismo de vanguardia de los años veinte de este siglo; arrinconando el cortejo al más ornamental y esteticista uso que del material hizo la Francia de los tres últimos cuartos del Ochocientos, e incluso a otro estilo culto español, el neomudéjar, artífice de un diálogo entre racionalismo y técnica, de una parte, y esteticismo de otra.

Tal resultado en el terreno de las formas visuales está estrechamente encardinado con los ámbitos y temas constructivos en que actuó el material que nos ocupa. Por un lado las obras públicas (túneles de ferrocarril y carretera, infraestructuras urbanas y metropolitanos); por otro la arquitectura civil (viviendas obreras y mesocráticas, fábricas, estaciones ferroviarias, etcétera).

NOTAS

1. Barre, L-A. (1901, 3ª edición): *Pequeña Enciclopedia Práctica de Construcción*. Madrid (París), Baylly-Bailliere.

2. En Mesopotamia la liga que unía los ladrillos fue el betún; en Asturias el mortero de cal y arena primero, y el cemento desde que en 1898 se estableciera en Tudela Veguín (Asturies) la primera fábrica de España de cemento tipo Portlad.
3. Barre, L-A. (1901).
4. Los ladrillos refractarios para hornos y chimeneas tuvieron amplia producción y consumo en el Principado, habida cuenta de la especialización de nuestra industria en el sector siderúrgico y metalúrgico, pero también por la envergadura y amplitud de la industria regional, hasta la penetración de la energía eléctrica impulsada por vapor. Vénase, sino, más adelante, las factorías metalúrgicas que se autoabastecían de ladrillos para sus hornos y construcciones.
5. Barre, L-A. (1901)
6. Cunningham, C. (1991, 1985): *La construcción en la época victoriana*. Madrid, Akal-Cambridge.
7. Cunningham, C. (1991). Corredor Mateos, J. Montaner, J.M.: (1984): *Arquitectura industrial a Catalunya. en els segles XVIII y XIX*. Barcelona, Caixa de Barcelona. Sobrino Simal, J. (1996): *Arquitectura industrial en España, 1830-1990*. Madrid, Cátedra.
8. Sólo en Londres, entre 1851 (14.000 ladrillos colocados) y 1901 (26.000), en medio siglo exacto, se multiplicó por 4,5 el consumo de este material. Cunningham, C. (1991).
9. Toral Alonso, E. (1992): *La arquitectura industrial asturiana (1840-1914). Formas y modelos*. Universidad de Oviedo, tesis doctoral inédita. Álvarez González, M.F. (1996): *El núcleo industrial Lugones-Cayés (1868-1942): una visión histórico-arquitectónica*. Universidad de Oviedo, Trabajo de Investigación del Tercer Ciclo, en prensa.

BIBLIOGRAFÍA

Fuentes publicadas (Asturies, España, Francia y Gran Bretaña)

Barre, L-A. (1901, 3ª edición), *Pequeña Enciclopedia Práctica de Construcción*. Madrid (París), Baylly-Bailliere.

Jovellanos, G.M., *Diarios II*. (Edición Bonet: *Proyección nacional de la vida de Jovellanos*. Gijón.

Lacroux (1878), *La brique ordinaire*. Paris. (Reedición a cargo de Jenkins, D. (1991), *Architectural Brickwork*. Studio Editions, London.

Owen J., *Grammar of Ornament*. London.

Ruskin (1849)., *Seven Lamps of Architecture*. London.

—(1851-53), *The Stones of Venice*. London.

Scott (1858), *Remarks on Secular and Domestic Architecture*. London.

Street, G.E. (1855), *Brick and Marble architecture of the Middle Ages in Italy*. London.

Viollet-le-Duc, E. (1863-72), *Entretiens sur l' architecture*. París.

Tratados y manuales de construcción

Barre, L-A. (1901, 3ª edición), *Pequeña Enciclopedia Práctica de Construcción*. Madrid (París), Baylly-Bailliere.

Paricio, I., *La construcción de la arquitectura*, 3 vols. Madrid.

Estudios (libros y artículos) publicados e ineditos

Adell Argiles, J. M. (1986), *Arquitectura de ladrillos del siglo XIX. Técnica y forma*. Madrid, Fundación Universidad-Empresa.

Ainaud de Lasarte, J. (1952), *Cerámica y vidrio,* en «Ars Hispaniae», vol X. Madrid.

Álvarez González, M. F. (1996), *El núcleo industrial Lugones-Cayés (1868-1942): una visión histórico-arquitectónica*. Universidad de Oviedo, Trabajo de Investigación del Tercer Ciclo, en prensa.

Barbachano, J. M. (1924), «Industrias florecientes. Cerámica Asturiana, S.A.», *El libro de oro de la economía Astur*.

Corredor Mateos, J./Montaner, J. M., (1984), *Arquitectura industrial a Catalunya. en els segles XVIII y XIX*. Barcelona, Caixa de Barcelona.

Cunningham, C. (1991, 1985), *La construcción en la época victoriana*. Madrid, Akal-Cambridge.

Feito, J. M. (1977), *La artesanía popular asturiana*. Avilés.

Sobrino Simal, J. (1996), *Arquitectura industrial en España, 1830-1990*. Madrid, Cátedra.

Tome, S. (1989), «Los primeros tiempos de la industria cerámica de San Claudio», *Homenaje a Carlos Cid*. Universidad de Oviedo.

Toral Alonso, E. (1992), «La arquitectura industrial asturiana (1840-1914). Formas y modelos». Universidad de Oviedo, tesis doctoral inédita.

Revistas industriales

Revista Minera.

Revista Industrial de Asturias.

Elementos y sistemas constructivos antisísmicos en la antigüedad. Aplicación a la restauración de estructuras históricas

Ignacio Arce

La distribución geográfica, en estrecha correspondencia con las areas de máximo riesgo de movimientos sísmicos, de determinados elementos de atado para el contrarresto de los daños provocados por los terremotos, dan idea de una cierta conciencia y entendimiento por parte de los constructores de la antiguedad de las causas y mecanismos que los originaban.

Estos sistemas varían desde el propio diseño de la volumetría de los edificios, los engatillados de los elementos más críticos, el armado con fibras vegetales, el uso de verdugadas horizontales o los encadenados con madera o piedra de las fábricas.

Se pretende hacer un recorrido por algunas de las técnicas mas significativas, evaluando sus efectos, su eficacia, su distribución geográfica, así como los condicionamientos materiales de algunas de las soluciones adoptadas.

Finalmente, se persigue extraer algunas conclusiones útiles demostrando la eficacia y viabilidad de algunas de estas soluciones en intervenciones sobre edificios históricos, que debido a su compatibilidad con los sistemas tradicionales de las mismas las hacen altamente recomendables.

PREMISA

Soy consciente del riesgo de hablar de «sistemas antisísmicos» en la construcción tradicional por cuanto pudiera suponerse que un planteamiento científico preciso y riguroso del entendimiento e interpretación de los mecanismos de colapso provocados por un seísmo, estén en la base del diseño de todos y cada uno de estos sistemas. Este acercamiento es propio de una cultura científica moderna que nace en el renacimiento y prueba de ello es el hecho de que el primer texto sobre *construcción antisísmica* de autor conocido sea el tratado de Pirro Ligorio (1510-83) *Delli rimedi contra i terremoti per la sicurezza degli edifici* integrado en el *Trattato de diversi terremoti, raccolti da diversi autori, per Pyrro Ligorio cittadino romano, mentre la città di Ferrara è stata percossa et ha tremato per un simile accidente del moto della terra* (véase Guidoboni, 1987).

Todo ello no invalida el hecho que en zonas de frecuentes movimientos sismicos pueda desarrollarse un conocimiento empírico basado en la observación directa de sus efectos, en pruebas de ensayo y error o incluso en coincidencias fortuitas, métodos de conocimiento que están en la base del desarrollo científico-técnico de la humanidad. A esto hay que añadir el hecho de que gran parte de las soluciones recogidas, tienen un buen comportamiento ante otro tipo de solicitaciones, lo que hace que no puedan ni deban entenderse como metodos con una finalidad unica y exclusivamente antisimica.

El estudio y la comprensión del funcionamiento y efectividad de estos sistemas de cara a su uso en intervenciones de restauración, implica la reconstrucción en la medida de lo posible, de la *historia clínica* de las estructuras donde se encuentran, en relación a los terremotos sufridos.

Según Doglioni, el concepto de mecanismo, entendido como traza evolutiva y al mismo tiempo como traza identificativa de una patología, liga fuertemente la *anamnesis* (en términos médicos, la recogida de toda la información sobre la historia clínica de un paciente, que incluye la *hereditaria-familiar* —adscribible a la del tipo constructivo al que pertenece— y la *fisiológica* propia del individuo; que en nuestro caso correspondería al reconocimiento de la evolución del mecanismo hasta hoy), la *diagnosis* (entendida como individuación del mecanismo y el reconocimiento de su nivel de desarrollo) y la *prognosis* (previsión de la evolución del mecanismo y su comportamiento futuro, entendida como evolución de mecanismos activos e individuados en la diagnosis). (Doglioni 1994).

Por ello se ha procurado tener presente la relación *tipo ó elemento constructivo-mecanismo de colapso-sistema de mejora*, en este breve recorrido por los «sistemas de mejora antisismica» de la antigüedad.

EL EFECTO DE LOS SEÍSMOS SOBRE LAS ESTRUCTURAS EDIFICADAS

> La frecuencia dominante de la onda sísmica, así como la frecuencia natural del edificio y del suelo son determinantes, y en particular la rigidez de la construcción en relación a las propiedades del subsuelo: El edificio entero vibrará a una cierta frecuencia (su frecuencia natural) debido a su forma y rigidez; si esta frecuencia es cercana a la del subsuelo, se producirá una resonancia dinámica y el daño estructural resultante será mucho mayor. Las grietas y fracturas de la estructura cambiarán su frecuencia natural y aumentarán o disminuirán esta resonancia. Los edificios históricos son en general rígidos, tienen períodos de vibración cortos y son mas seguros si se encuentran en lugares de «período largo». Las torres esbeltas constituyen una excepción, pues son relativamente flexibles y se ven mas afectadas por ondas largas. Durante un terremoto violento los elementos mal conectados actúan como arietes, oscilando de diferente manera. La experiencia demuestra... que las primeras grietas que aparecen dividen la estructura en partes discretas, con características dinámicas propias, que vibran de manera distinta y actuan unas contra otras aumentando su efecto destructivo (Feilden 1987).

En general la disposición de estratos horizontales elásticos reduce la frecuencia de la vibración al absorber gran parte de la energía liberada por el seismo, lo que supone, la reducción de los efectos provocados por las fuerzas horizontales que actuan sobre los elementos de la construcción. Por otro lado los encadenados permiten mantener la continuidad de la fábrica evitando los daños que produce la diferencia de comportamiento dinámico mencionada. La solución ideal será por tanto la que asegure continuidad y elasticidad a la fábrica. Además estos elementos contribuyen a la solidez y estabilidad general de la estructura, por cuanto son estratos horizontales que tienden a distribuir uniformemente las cargas verticales y eventualmente pueden resolver otros problemas adicionales.

LOS SISTEMAS DE MEJORA

Fábrica armada y morteros elásticos

El uso de cañas para armar hiladas parece ser una antigua tradición babilónica, atribuyendo At Aqaraf su uso a la dinastía kassita (S.XIII aC.). Peters afirma que cada siete hiladas se dispone un estrato de hojas de palma (Nippur p.188). Este sistema se entrelaza con el uso de productos de alta elasticidad en la formulacion de morteros: Según Herodoto, en Babilonia se usaba el betún caliente como mortero con un estrato de caña trenzada cada trece hiladas (Libro I cap 179). Este dato viene corroborado por Koldeney, quien comprobó que en el Palacio de Babilonia estos estratos con carrizo, se presentaban con una distancia máxima entre sí de trece hiladas y un mínimo de cinco (Das wieder erstehende Babilon p.31). Esta práctica se continuó en Assur según afirma Andrae (Die Festungwerke von Assur p.15).

En época sasánida perdura la técnica, extendiendose su uso a la totalidad de las hiladas en el caso de Dawalib . Y todavía en el S.IX los abasidas construyen en Zibliyat, a 20 Km. al NE de Nippur una estructura tipo torre rectangular con el mismo sistema.

En otras areas sísmicas y pertenecientes a culturas muy distantes geográficamente y en el tiempo, como lo son las precolombinas, encontramos soluciones basadas en el mismo concepto. Así tenemos el uso de la Quincha, auténtica fábrica de tierra armada en la que las hiladas de adobe se refuerzan con caña.

Volviendo al uso de morteros elásticos vemos como el uso de betún continúa en época greco-ro-

mana como se puede atestiguar por su uso en las bóvedas de la subestructura de la basílica de Aspendos. Mas adelante se pierde memoria de su uso con fines «antisismicos» limitandose su uso como barrera contra la humedad.

Recientemente se han realizado algunas experiencias de lo que ha venido a denominarse *Base Isolation*, consistente en la interposición de un estrato con las características mencionadas mediante la operación de un corte contínuo a la base de la estructura en cuestión. Esta operación permite a su vez resolver de modo definitivo, en el caso de que existan, problemas de humedad por ascensión capilar, utilizando un material adecuado en el estrato interpuesto. A este respecto la interposición de estratos de plomo en la construcción tradicional es otro buen ejemplo de antecedente, recreado por parte del Prof. Massari mediante el uso de resina poliester rectificada con diversas cargas.

A unos doscientos kilómetros al sur de Amman se encuentran las ruinas de la ciudad bizantina de *Kastron Mefaa*, rebautizada en árabe como *Umm ar-Rassas*, (literalmente: «Madre del Plomo»).

Este nombre hace pensar que los beduinos árabes que se lo dieron, obtenian dicho metal de esta ciudad. En ausencia reconocida de yacimientos en los alrededores, la única explicación plausible es el saqueo del mismo de las estructuras arruinadas de la ciudad (hipótesis que se espera poder verificar en próximas excavaciones). Recordemos a este respecto, que los bizantinos usaron extensivamente el plomo para el asiento de columnas y otros elementos.

En otras ocasiones se ha utlzado madera, como es el caso de la mezquita de Kairuán, en la que se disponen cimacios de madera entre los capiteles y el arranque de los arcos (figura 1). Hasta hace poco, se conservaban las vigas de atado, también en madera, que existían conectando en las dos direcciones el arranque de los arcos; pero una desafotunada restauración ha supuesto su desaparición, con un notable daño para los valores históricos y posiblemente también para los estructurales de la mezquita (véase más adelante, en el apartado dedicado a los encadenados, como gran parte de las carreras de madera responden también a la finalidad de dotar de mayor elasticidad a las hiladas).

Este planteamiento de las juntas elásticas nos induce a su vez a la reflexión sobre la excesiva rigidez de los morteros actuales de cemento, en contraposición con los tradicionales de cal, que por su mayor elasticidad

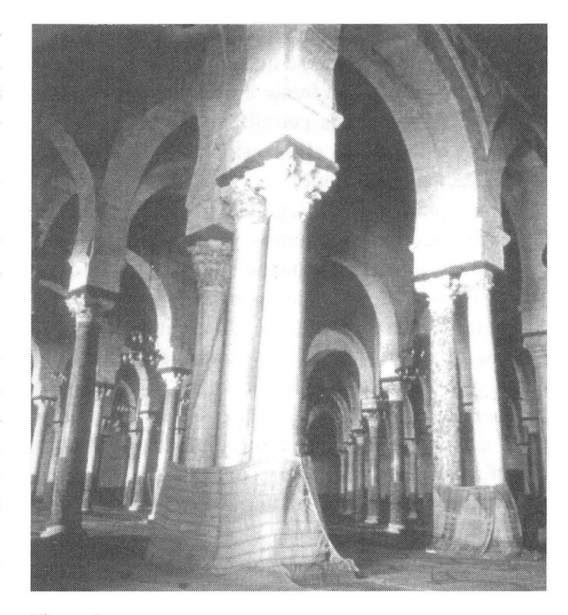


Figura 1
Kairuán. Mezquita aljama. Cimacios de madera. (foto cortesía de D. Antonio Almagro)

permiten una mayor absorción de energía, una cierta recuperación dimensional y asientos graduales.

La tendencia natural de las fábricas a crear articulaciones trámite la aparición de grietas que estacionalmente varían en dimension y extensión, (acentuado cuando existen movimientos de orígen sísmico) hace evidente la bondad de estos morteros flexibles, que permiten que las grietas se creen a lo largo de las juntas de unión entre los elementos con el resultado de una mayor estabilidad. Todo ello refuerza la necesidad de reintroducir su uso, sobre todo en la restauración de estructuras históricas.

Volumetría y tipología

Ciertas construcciones poseen una planta y/o una volumetría que las hacen mas resistentes a los efectos de los seismos, ya sea por eliminar puntos de concentración de tensiones, o por crear zonas especialmente diseñadas para concentrarlas en zonas no vitales y/o absorberlas.

Entre los primeros casos cabe destacar Baghdad, la ciudad circular, creada *ex-novo* por la dinastía ab-

basí en el S.IX. Independientemente de los valores simbólicos y de toda índole que pueda albergar su diseño, es innegable que frente a otras figuras geométricas, la circunferencia permite distribuir uniformemente los esfuerzos al eliminar puntos singulares de concentración de tensiones.

Como ejemplo de la segunda situación tenemos las construcciones armenias y georgianas. Cabe destacar como particularmente significativo el caso de las iglesias denominadas «tipo *Hripsimé*» (en Armenia) ó «tipo *Djavari*» (en Georgia) (figura 2). Se trata de iglesias de planta central, cudriconques y con cámaras cuadrangulares en los angulos. Tienen perímetros murarios robustos pero no demasiado masivos. Poseen cierta elasticidad al disponer superficies incurvadas, tales como nichos entre los elementos macizos de sostén. Al exterior repiten este mismo planteamiento al presentar esquinas masivas bien trabadas y entre ellas las superficies curvas o articuladas en facetas, correspondientes al extradosado de los absides de los brazos de la planta cruciforme. Actuando éstas últimas de conexión elástica entre las primeras (véase Kasangian, 1981).

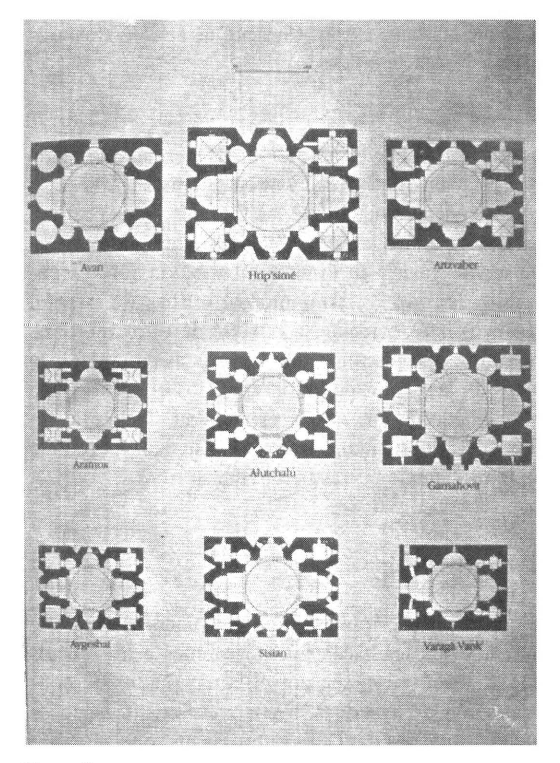


Figura 2
Armenia. Plantas de iglesias del tipo «Hrip'simé» Carreras, encadendos, tirantes, grapas, pernos y engatillados

Como ya se ha hecho mención, la respuesta dinámica a movimientos de onda larga será esencialmente elástica si la estructura ha sufrido solo un agrietamiento limitado y conserva todavía un caracter cuasi-monolítico. Sin embargo un aumento del movimiento, fruto del seismo conduce a un aumento del número y tamaño de las grietas. Así la respuesta inicialmente elástica dará lugar a otra en la que los bloques de la fábrica o las partes discretas en las que se divide, empezarán a vibrar con distinta frecuencia, llegando a respuestas «fuera de fase» en la que los elementos empiezan a chocar ente sí propiciando una separación creciente entre los elementos, llegando a la creación de mecanismos de colapso.

La disposición de estos elementos en los puntos mas solicitados o críticos, tienen como fin coartar estos movimientos y eventualmente —como ya se ha hecho referencia—, (en el caso de las carreras de madera), dotar de mayor elasticidad a las fábricas frente a los esfuerzos horizontales generados por el terremoto. Muchas veces, el mero hecho de tratarse de fábricas con hiladas horizontales tomadas con un mortero dotado de cierta elasticidad, como los de cal, garantiza la absorción de buena parte de dichos esfuerzos.

Las grapas y pernos de hierro o bronce son usados extensivamente por la arquitectura greco-romana, usando el plomo como elemento de fijación, protección frente a la oxidación (y el consiguiente aumento de volumen), y para dotar de cierta elasticidad a la unión, que de otra manera provocaria la fractura de las piezas que enlaza. El uso de grapas de madera, como ocurre en el caso de la iglesia visigótica de S. Pedro de la Nave, permite resolver el problema con un unico elemento y un único material.

Los ejemplos más antiguos de encadenados de que se tiene noticia se encuentran en Etiopía —en la zona del *Gran Rift*—. La estela de Aksum representa un tipo de construcción de hiladas de mamposteria alternandose con carreras longitudinales de madera, atadas a su vez transversalmente por piezas, también de madera, cuyas cabezas se manifiestan en fachada. Este sistema todavía se observa en las iglesias rupestres etíopes (veanse los ejemplos de Debra Damo e Imra-

hanna Kristos) (figuras 3 y 4). Este sistema parece ser que fué el empleado en la construcción de la Kaaba, en la Meca, realizada por un constructor abisinio.

Los bizantinos usaron extensivamente tirantes de madera y hierro, pasando más adelante el uso de estos elementos a la arquitectura islámica y occidental. En los alminares de las mezquitas aljamas de Córdoba y Sevilla encontramos encadenados y carreras en madera (Hernandez, 1975 y Jimenez-Cabeza, 1988). Mientras que se hace extensivo en la arquitectura omeya y mas tarde en la abasí y fatimí el uso de tirantes para atar los arranques de los arcos.

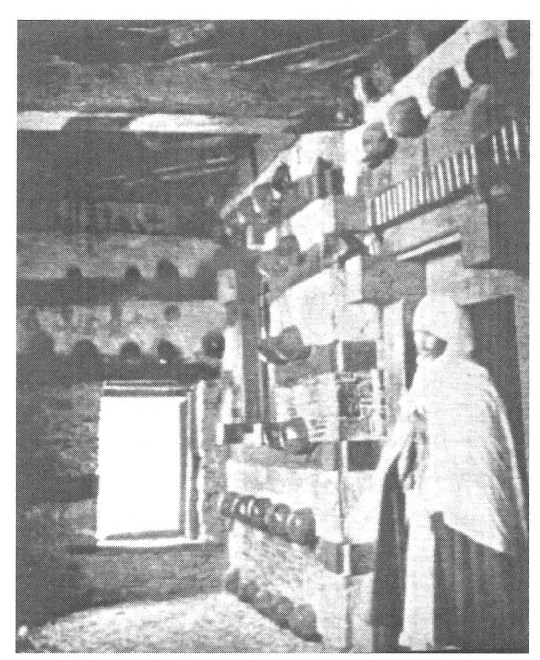
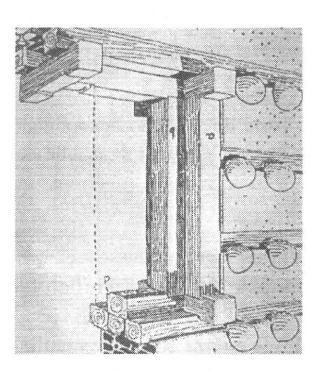


Figura 3
Debra Damo (Etiopía). Porche de la Iglesia rupestre. Foto Buxton. (En K.A.C. Creswell, 1959)



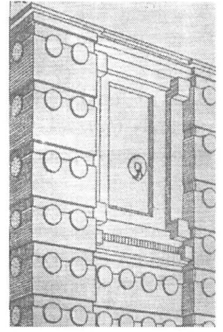


Figura 4
Estela de Aksum y sección de los vanos de la iglesia de Debra Damo y de la estela de Aksum. Dibujos de Krenker (En K.A.C. Creswell, 1959)

En Kashmir (India-Pakistán), es frecuente el uso de carreras de madera en la construcción tradicional, que han demostrado en la práctica, un mejor comportamiento antisimico que los sistemas modernos. Existen dos tipos distintos. En el sistema denominado «Taq», en los muros de fábrica se disponen carreras de madera en correspondencia con cada piso. Estas carreras sirven a su vez para atar los forjados a los muros de carga, arriostrándolos.

El otro sistema denominado «Dhajji-Dwari» sería equiparable a la construcción de entramado en la que —teóricamente— la estructura portante es el entramado de madera y la fabrica en piedra o adobe es un simple relleno. En realidad en este caso, debe entenderse más bien como un atado en el plano del muro que tiende a reducir la separación entre los elementos constitutivos de la fábrica.

En la famosa ciudad nabatea de Petra, se encuentra el templo denominado *Qasr El-Bint*, que posee varias carreras contínuas de madera a lo largo de todo su perímetro y otras a refuerzo de determinadas zonas singulares (figura 5).

En Egipto es frecuente la introducción de hiladas contínuas de madera en los esbeltos alminares de las ciudades, siendo un buen ejemplo el de la mezquita de Hassan Pacha Tahir en El Cairo (figura 6).

En la zona del Hauran entre Siria y Jordania se encuentra la ciudad de Umm al-Jimal. Esta ciudad abandonada y cuyos orígenes se retrotraen a la epoca nabatea, posee unas estructuras de gran interés y en un inmejorable estado de conservación, considerando los numerosos terremotos que han sufrido desde entonces. De particular interés son las torres y los encadenados de las mismas de cuya efectividad nos habla la propia pervivencia de estas magníficas estructuras. En esta zona la madera es sumamente escasa, lo que ha dado lugar al desarrollo de una excepcional tradición de corte y talla de piedra. Por un lado tenemos carreras constituidas por piezas monolíticas de basalto de hasta cuatro metros de largo: Es el caso de la torre del denominado «cuartel» (figuras 7 y 7bis), en el que para reforzar la singularidad de la misión en-

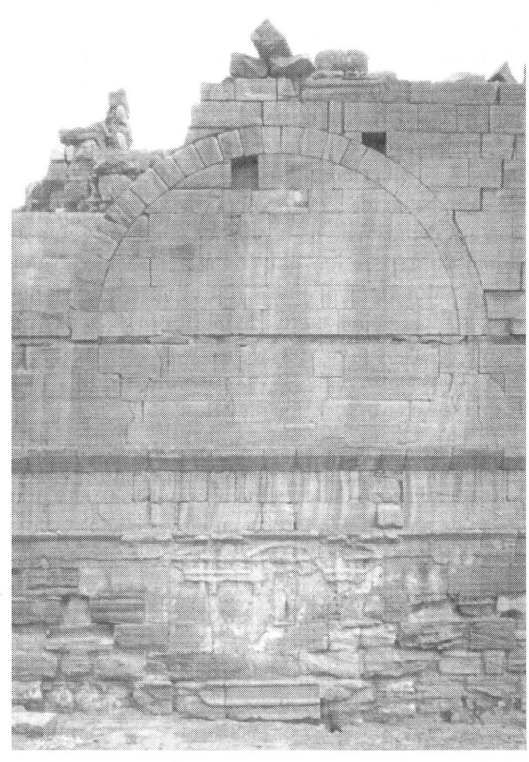


Figura 5
Petra, Jordania. Qasr El-Bint. Carrera perimetral del edificio, sobre la que descansa un arco de descarga

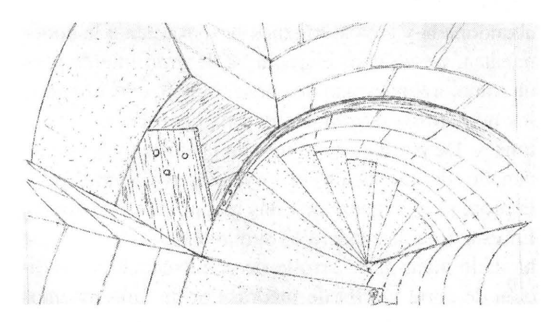


Figura 6
El Cairo. Alminar de la mezquita de Hassan Pacha Tahir. Encadenado en madera. (de una foto cortesía de D. Antonio Almagro)

comendada a estas piezas, se han tallado sobre ellas cruces y otras inscripciones de caracter apotropaico (esta tradición es antiquísima, recuerdese los falos esculpidos en los bloques de cimentación de las murallas de numerosas culturas de la antigüedad clásica). La fricción entre tan descomunales *llaves*, sirve para neutralizar las tracciones que pudieran generarse. Por otro lado tenemos cadenas formadas por auténticos *eslabones* de piedra en forma de «u» enlazados entre si, en los que las tracciones son transformadas en esfuerzos a cortante con un magnífico resultado (figura 8).

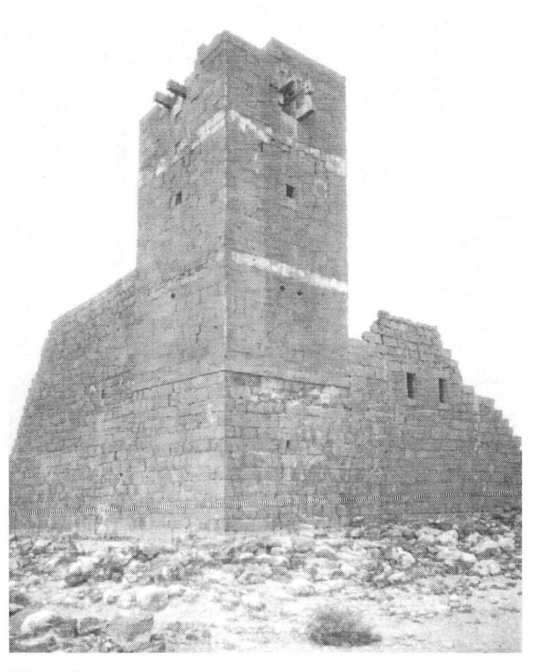


Figura 7
Umm al-Jimal, Jordania. Torre del edificio denominado «cuartel» (*barracks*). Foto general y dibujo de detalle del encadenado en piedra

Este último tipo de piezas enlaza con los engatillados, cuya finalidad vuelve a ser la de coartar los movimientos de elementos críticos, evitando el descendimiento de dovelas, atando el perímetro de torres, etc. (figuras 9 y 10). Para ello se disponen enlaces a

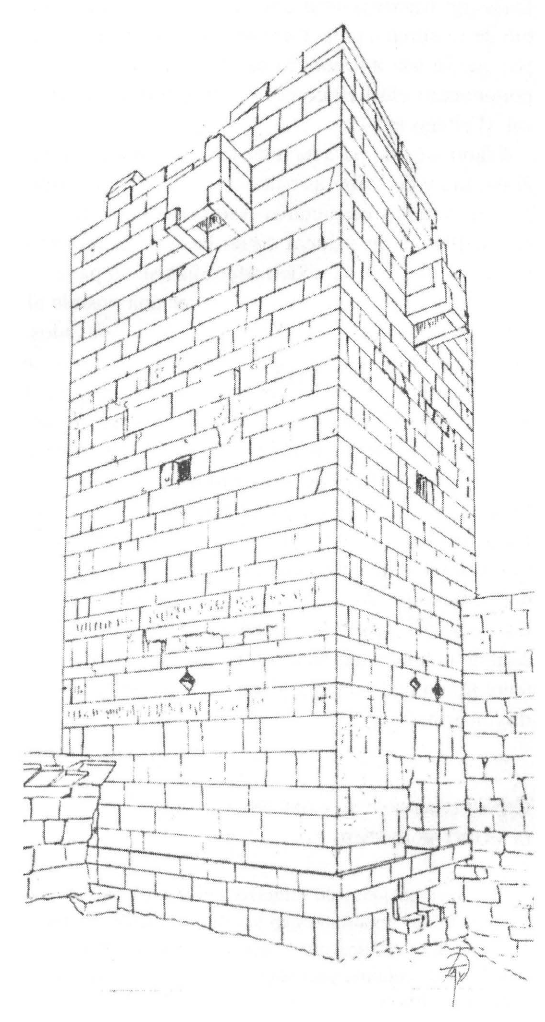


Figura 7-bis

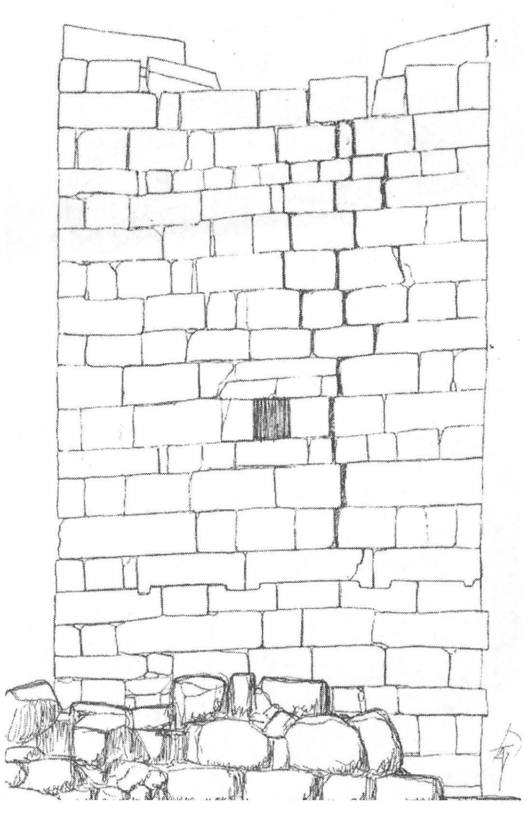


Figura 8
Umm al-Jimal, Jordania. Torre con encadenado debloques de piedra trabados entre sí

cola de milano, en zig-zag, en «t», etc. mostrando un dominio particular del arte de la cantería. En este desarrollo tan espectacular de la estereotomía, es sin duda determinante el mencionado hecho de la casi inexistencia de madera en la zona del Hauran y la abundancia y variedad de piedra en ambas zonas (recordemos que la zona caucásica de Armenia y Georgia se denomina también K'arastan —literalmente «*país de la piedra*»—).

En epoca moderna sera Rondelet quien por primera vez con una fundamentación científica, señale el uso de atados perimetrales como mejor y mas efectiva solución para el refuerzo de estructuras contra los terremotos. Esta idea se ha implementado hoy en día al proponer el uso de cable de acero en las propias juntas horizontales de las fábricas, o en otras abiertas ex-profeso con tal fin.

Cimientos

En una cimentación, son los asientos diferenciales de tipo no lineal los que más nos deben preocupar, puesto que sólo pueden ser absorbidos por deformaciones que debilitan la estructura que soportan. En general puede darse cierta tolerancia, cuyo límite depende de la rapidez y secuencia originales de la cons-

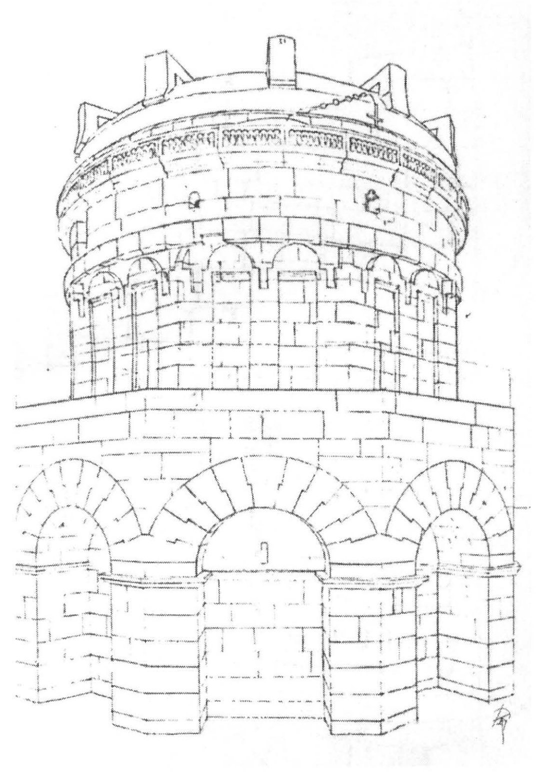
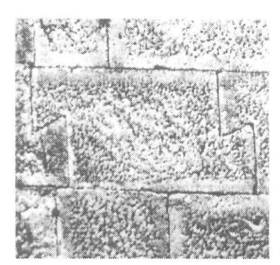


Figura 9
Ravenna. Mausoleo de Teodorico. Nótese como además del engatillado de las dovelas, la imposta es común a los dos arcos contiguos, lo que hace que el conjunto se comporte como un anillo de atado perimetral

trucción. En obras ejecutadas lenta y uniformemente en toda su extensión, la mayor parte del asentamiento inicial se corrige sin deformación estructural en las fases constructivas sucesivas (como ocurrió en S. Pablo de Londres o en la torre inclinada de Pisa), siempre que se use un mortero de fraguado lento y comportamiento elástico como el mortero tradicional de cal. (Feilden 1987).

Como método para mejorar la trasmisión de cargas al terreno y de evitar asientos diferenciales, se disponen en muchas estructuras tradicionales carreras y emparrillados de madera como base de la cimentación. De este modo pueden neutralizarse en parte los devastadores efectos que puede tener una posible alteración de las condiciones del subsuelo («lavados» provocados por cambios del nivel freático o de venas de agua subterraneas, frecuentes en un terremoto). Todo esto nos debe hacer reflexionar sobre el daño que se puede producir a una estructura histórica al «reforzar» su cimentación mediante micropilotaje. De este modo, lo que se está haciendo, es proporcionar al edificio un apoyo discontínuo y excéntrico, introduciendo concentraciónes de esfuerzos que se traducen en asientos diferenciales, rotaciones, etc. En los casos en que sea necesario, es preferible la ejecución de una nueva cimentación contínua bajo la existente (que puede ser ejecutada perfectamente en hormigón armado).



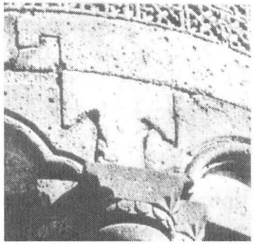


Figura 10
Hagbat, Armenia. Engatillados y encadenados en piedra del campanario de la iglesia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. (A MODO DE APÉNDICE)

> Las intervenciones de refuerzo antisismico pueden causar perdidas importantes en los valores histórico-culturales de la estructura, por lo que la mejor opción es la intervención mínima para responder a un riesgo aceptable. (Feilden 1987)

Hemos visto como ciertos métodos tradicionales proporcionan una resistencia y elasticidad suficiente como para mitigar los efectos destructivos de los terremotos. Al mismo tiempo nos aportan un claro enfoque sobre la posibilidad y la necesidad de hacer compatible las intervenciones de mejora y protección con la mecánica de las fábricas históricas. Todo ello nos debe conducir a un replanteamiento de los modos de intervención sobre las estructuras históricas en general y sobre aquellas sometidas a riesgo sísmico en particular, reconociendo que las técnicas y la estática de las estructuras históricas son además importantes testimonios

culturales, y por tanto su técnica y sus aspectos estructurales deben ser analizadas en estrecha relación al contexto cultural del momento de su construcción (Giuffrè 1990).

Este enfoque debe conducir por otro lado a replantear la normativa de intervención, como ya se hizo en Italia (con el D. M. del 29 de Enero de 1986) en el que se introduce el concepto de «miglioramento» antisísmico frente al hasta ahora único vigente de «adeguamento». Con este nuevo concepto de intervención que tiene como objeto «conseguir un mayor grado de seguridad en relación con las acciones sísmicas sin modificar sustancialmente el comportamiento global del edificio», se abandonan los planteamientos que tendían a alterar la mecánica de la estructura histórica e incluso su constitución material sin ningún respeto por sus valores culturales. Esperemos que cunda el buen ejemplo.

BIBLIOGRAFÍA

Corzo, R., *San Pedro de la Nave. Estudio histórico y arqueológico de la iglesia visigoda.* Instituto de estudios zamoranos, Florián de Ocampo (CSIC). Diputación de Zamora. Zamora 1986.

Creswell K.A.C. *Early Muslim Architecture. Vol.I Ummayads.* Oxford 1959.

Doglioni, F.; Moretti, A.; Petrini, V. (a cura di). *Le chiese e il terremoto.* (Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica de prevenzione). C.N.R. Gruppo Nazionale per la difesa dai terremoti. Trieste, 1994.

Feilden, B. M.; *Between Two Earthquakes.* ICCROM-GCI-PNUDUNESCO. Roma 1987.

Giuffrè, A., «Principles for the philological restoration of historical buildings in seismic areas». En Actas del congreso *Structural Conservation of Stone Masonry. International Technical Conference.* Athens, 31.X-3.XI 1989. ICCROM, Roma 1990.

Giuffrè, A., «Practical redesign method. General report». En Actas del congreso *Structural Conservation of Stone Masonry. International Technical Conference.* Athens, 31.X-3.XI 1989. ICCROM, Roma 1990.

Guidoboni, E., «"Delli rimedi contra terremoti per la sicurezza degli edifici": La casa antisismica di Pirro Ligorio (Sec. XVI)». en *Tecnica e società nell'Italia dei secoli XII-XVI. Atti dell'undicesimo Convegno Internazionale di Studio a Pistoia.* 28-31 ottobre 1984. Centro italiano di studi di storia e d'arte. Pistoia 1987.

Hernández, F., *El alminar de Abd Al-Rahman III en la Mezquita Mayor de Cordoba. Génesis y repercusiones.* Patronato de la Alhambra. Granada 1975.

Jimenez, A. y Cabeza J. M., *Turris Fortissima. Documentos sobre la construcción, acrecentamiento y restauración de la Giralda.* Sevilla 1988.

Kasangian, H., *Caratteri antisismiche delle construzioni tipo «Hripsimé».* en Actas del «III Simposio internazionale di Arte Armena», Yerevan 1981 (pp.343,358). Milano 1981.

Lagenbach, R., «Traditional and contemporary unreinforced masonry in seismic areas». En Actas del congreso *Structural Conservation of Stone Masonry. International Technical Conference.* Athens, 31.X-3.XI 1989. ICCROM, Roma 1990.

Zuhair H. El-Isa. «Earthquake Studies of some Archaeological Sites in Jordan». En *Studies in the History and Archaeology of Jordan II.* Departament of Antiquities of Jordan. Amman 1985.

La representación de la arquitectura en construcción en torno al siglo XVI

Luis Arciniega García

La representación de la arquitectura en su proceso constructivo ha sido realizada frecuentemente por artífices que, si bien son ajenos a dicha actividad, se erigen en fieles cronistas de la misma. Su estudio adquiere, por tanto, una importancia fundamental para la profundización, entre otros aspectos, de los sistemas de expresión proyectiva, las técnicas constructivas, los materiales, las herramientas, los ingenios, la organización, condiciones y modos de trabajo a lo largo del tiempo. Abundantes son los estudios de este tipo sobre los tiempos medievales, principalmente en los ámbitos germánico y francés, resultando más escasos en cronología más avanzada. Sin embargo, la profundización en estas fuentes en época moderna adquiere no sólo el valor de la información sino la consideración de su posible difusión a través del grabado.

La arquitectura coetánea

Sin ser numerosas son muy significativas las representaciones coetáneas a los edificios en construcción. Frente a las imágenes medievales marcadas por un tono convencional capaz de presentar el tema y ubicarlo en un contexto espacio-temporal, el Renacimiento aporta una nueva forma de visión y percepción que persigue una representación coherente del entorno, a cuyo servicio surge un elemento nuevo: la perspectiva. Uno de los primeros ejemplos del interés por las actividades desarrolladas para la consecución de una arquitectura real se debe a Giovanni Bettini da Farno en el códice manuscrito *Hesperis* de Bassini Parmensis, en el que dibujó el templo Malatestiano que proyectó Leon Battista Alberti en Rímini. Sin embargo, el interés por la arquitectura en construcción en el mundo italiano distaba de ser algo habitual, como lo muestran las numerosas vistas que se realizaron de la obra de San Pedro a lo largo del siglo XVI. En ocasiones, el momento de la construcción se recoge en vistas generales que involuntariamente las reflejan; tal es el caso del grabado de Jacob Binck que plasma un torneo celebrado en tiempos de Pío IV, editado por Antonio Lafreri, primero, y por G. Rossi, después; o la de un grabado anónimo que representa la bendición pontificia en la plaza de San Pedro, editado también por Lafreri; o el grabado de Ambrogio Brambilla del Jardín del Belvedere, editado por Claudio Duchet. En otras ocasiones se aprecia un exclusivo interés por captar el momento en el que se encuentra la edificación, pues ningún otro acontecimiento u elemento aparece, e incluso se excluye la efervescente actividad que una obra de tal envergadura exige. La vista atribuida a Jacob Scorel, las realizadas por Maerten van Heemskerck y su círculo, o las vistas anónimas custodiadas en la Galería de los Uffizi de Florencia, el Kupferstchkabinett de Berlín y el Städelsches Kunstinstitut de Franckfurt (figura 1) son muestra de lo expuesto así como del halo de ruina que las envuelve, reflejo de un mundo italiano volcado en la recuperación de un pasado que les era propio, y en proceso no sólo de catalogación

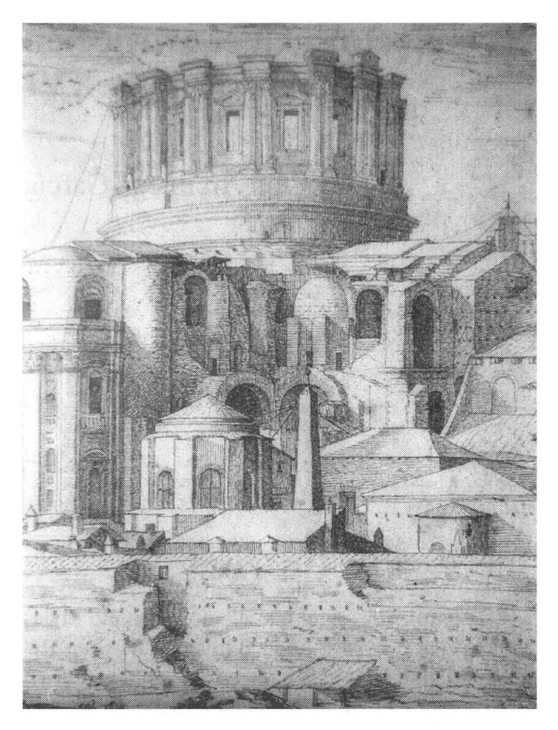


Figura 1
Anónomo. Vista de San Pedro desde sudeste. 1580-1581. Frankfurt. Städelschen Kunstinstitut.

sino también ya de revisión. El mundo del norte, por su parte, sin el peso de la tradición romana buscaba un repertorio más contemporáneo y cotidiano, enorgulleciéndose de la pujante actividad del presente. Pero ambas realidades no deben entenderse aisladas y antagónicas, existió una fluida correspondencia y confluyeron en ámbitos ajenos, entre los que el hispano puede erigirse en exponente.

Antón Van den Wyngaerde a finales de la década de los sesenta del XVI representaba el Palacio Real de Madrid; a comienzos de la siguiente centuria Jehan L'Hermite hacia lo propio reflejando el cambio de cubiertas y el inicio de la fachada pantalla proyectada por Juan Gómez de Mora. Las referencias en uno y otro caso a la actividad se limitan a una simple grúa sobre una de las torres, que más que indicar ocupación sobre la misma señalan la vía de acceso de los materiales de cubiertas sin entorpecer la dignidad de la fachada. Mayores referencias contienen algunos de los dibujos de las principales ciudades españolas que el propio Wyngaerde realizó por encargo de Felipe II a lo largo de la década de los sesenta. Si bien su principal objetivo —recoger el trazado urbano y su situación en el territorio circundante— contribuía a empequeñecer la visión parcial de los elementos, esto no impidió que el pintor dibujase con estricta rigurosidad las construcciones que fueran visibles. Consideración que la aleja de otras series de vistas realizadas en una cronología semejante: bien aquellas con intención alegórica (Palacio Belvedere del Vaticano, Villa Gonzaga de Mantua, Villa Farnesina de Roma, Palacio Vecchio de Florencia o Palacio Alvaro de Bazán); bien aquellas estrictamente topográficas como las de Hoefnagel; y que por el contrario, la aproxima a experiencias anteriores como la xilografía de la ciudad de Colonia en 1531 realizada por A. Woensan, u otras ligeramente posteriores como la de la ciudad de Zurich en 1576 de Jos Murer. De este modo, en el dibujo del palacio de Valsaín se aprecia la introducción de las cubiertas de pizarra, a la flamenca: la torre sudeste se encuentra prácticamente finalizada mientras que en la sudoeste se trabaja en su chapitel. Los aserradores, los chamizos para proteger a los obreros, los carros de transporte, la escalera y la grúa —muy similar a las que se utilizaban desde largo tiempo atrás en el mundo del norte— señalan la actividad (figura 2). Muy significativa es también la vista de la ciudad de Cuenca en la que se aprecia la construcción del puente de piedra sobre el río Huécar, con sólo uno de sus cinco arcos totalmente cerrado y junto a él un cobertizo en el que dos canteros trabajan la piedra. En la mayoría de las ocasiones,

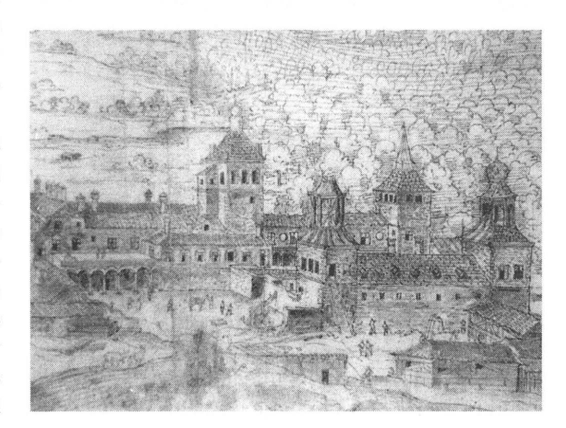


Figura 2
Antón van der Wyngaerde. Palacio de Valsaín. 1562

por el punto de vista elegido, la referencia a una actividad constructiva se presenta más distante; tales son los casos de las catedrales de Jaén, Córdoba y Salamanca, que muestran como signo visible de su estado sendas grúas. El rigor en la representación exacta de estos testigos de la construcción, que no deben considerarse referencias libres a una actividad, se corrobora ante la ausencia de cualquier vestigio que indique labor en la catedral de Granada en un momento documentado de gran actividad. Otros edificios que muestran pequeños guiños a su situación son el Hospital Tavera de Toledo, en el que se aprecia la finalización de los dos claustros con crujía central común y la existencia de materiales y hombres amasando en el solar de la futura iglesia; al igual que en la sacristía del monasterio de San Jerónimo de Zamora, o en el cimborrio de Santa Catalina de Talavera de la Reina, en ambos casos con presencia de grúas.

No obstante, el paradigma de la imagen de la construcción es, sin lugar a dudas, el dibujo de la Hatfield House que representa al monasterio de El Escorial en plena actividad. Datado hacia 1576 y de atribución incierta, pero probablemente vinculado con el ámbito flamenco, ha sido calificado por Pedro Navascués como imagen «de lo que representa la sincronía y buen orden en el colosal esfuerzo colectivo que exige la arquitectura» (figura 3).

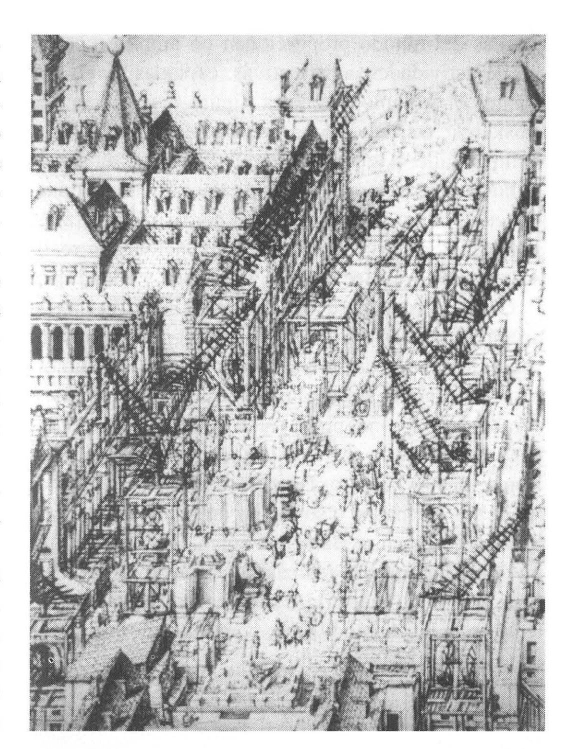


Figura 3
Anónimo. El Escorial en construcción. Hacia 1576. Hatfield House, Collection of Lord Salisbury. Londres

A grandes rasgos, la representación de la arquitectura real coetánea en su proceso constructivo estaba sujeta a la fidelidad de lo observable, y cuando éste respeto no se producía no era para magnificar la actividad sino para obviarla procurando que no perturbarse la visión de las líneas arquitectónicas. El dibujo Hatfield, corresponde a una rigurosa realidad descrita por los cronistas de la orden jerónima fray Juan de San Jerónimo o fray José de Sigüenza, y se aprecia el mismo deleite en los detalles que el empleado en las mismas fechas por Wyngaerde o Hoefnagel, entre otros, en reflejar la pesca en las almadrabas, o el asedio y defensa de una plaza fuerte, actividades que también comparten el esfuerzo colectivo para su realización.

La construcción como recurso iconográfico

Donde realmente encontramos una amplia y constante información sobre la construcción es en aquellas representaciones donde la actividad es un atributo iconográfico que ayuda a identificar el tema representado, llegando en ocasiones a ser una excusa para el desarrollo de la propia actividad. El asunto puede corresponder a momentos lejanos e incluso míticos, pero los anacronismos de su puesta en escena corresponden perfectamente al criterio de crónica de su tiempo.

Temas de la Antigüedad

Desde el ámbito italiano, con pauta estrictamente arqueológica, fueron llevados al grabado los relieves de la columna Trajana, entre los que se hallaba el asentamiento de un campo romano, grabado en el primer tercio del XVI por Marco Dente y editado por Antonio Salamanca. Pero de mayor riqueza en las cuestiones que nos competen fueron aquellos que se desarrollaron libremente. La serie sobre las siete ma-

ravillas del mundo proporcionan un amplio repertorio de actividades constructivas, captadas magistralmente por Antonio Malatesta (figura 4) y M. van Heemskerck; las del segundo grabadas y editadas por Philipe Galle. Algunas representaciones de dioses de la mitología mostraban su vinculación con la construcción, como Larunda, madre de los dioses Lares; siendo una de las más célebres invenciones la realizada por M. van Heemskerck y grabada y editada por P. Galle. Diversas escenas de la mitología hacían lo propio, como la historia Apolo y Neptuno construyendo los muros de Troya, recogidas en la Metamorfosis de Ovidio y que ilustraron nuevas ediciones, como la que diseñó, pintó y grabó Virgil Solis. La leyenda de Rómulo y Remo, ligada a la fundación de Roma, ilustró numerosas impresiones sobre la historia de los hermanos o sobre los orígenes del Imperio Romano; Giovanni Battista Fontana y Tobias Stimmer destacaron en la realización de las mismas. Cartago, enemiga ancestral de Roma, tenía su equivalente en la leyenda de Didon construyendo los muros de la ciudad.

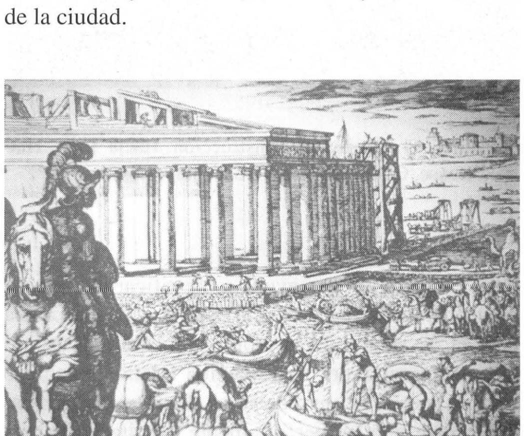


Figura 4
Antonio Malatesta. Templo de Diana en Efeso

Alegorías

La obra de Piero di Cosimo *Construcción de un palacio*, realizada en la segunda década del XVI, constituye una auténtica enumeración de las diferentes actividades desarrolladas a pie de obra. La historiografía reconoce unánimemente la intención alegórica de este óleo sobre tabla, pero no existe el mismo consenso para asignarle uno determinado, evidenciando la riqueza de los mismos. Por un lado, tradicionalmente los tratados políticos han considerado el cuidado de los dirigentes por la arquitectura como una de sus principales cualidades; mensaje que queda testimoniado pictóricamente desde el fresco que Ambrogio Lorenzetti realizara en el Palacio Público de Siena en la primera mitad del XIV, bajo el título *Efectos del Buen Gobierno en la ciudad*, entre los que no faltaban trabajos de construcción junto a actividades mercantiles y culturales. Las series de retratos de monarcas participaban de este criterio y eran frecuentes los fondos de construcciones para vincular inequívocamente al retratado con su preocupación por la arquitectura. Es el recurso utilizado por Gerard de Jode para representar a Atajerjes I en la serie de los Reyes Persas incluida en el *Thesaurus Sacrarum...*; o por J. Amman para ilustrar algunos de los *Retratos de duques de Bavaria...*, como los de Utilo, Otto IV o Thesselo I (figura 5). Por otro lado, la



Figura 5
Jost Amman. Theselo I

construcción no sólo se vinculaba a los comitentes sino también a los ejecutantes. El propio Amman lo realizó con las representaciones de los oficios de la construcción incluidos en su *Panoplia Omnium illiberalium mechanicaum aut sedentariarum artium...* Además, la fabricación aparece frecuentemente en las alegorías de las cuatro edades del mundo, si bien no hay una adscripción única de la actividad que nos ocupa a una de ellas. Así, un anónimo holandés incluía escenas de construcción para ambientar la edad de bronce, mientras que Malatesta hacía lo propio con la edad de cobre.

Vidas de Vírgenes y Santos

Diversos pasajes de su vida se desarrollan en contacto con edificaciones: la fundación de un templo, la aparición en el proceso de las obras, la intercesión en el decurso de las mismas, etc. Incluso hay ocasiones en las que se fuerza el momento elegido de la escena para desarrollar un despliegue de actividades constructivas, como ocurre en la leyenda de Santa Bárbara, donde la torre en la que fue encerrada deja de ser una simple referencia o recuerdo al lugar del cautiverio para convertirse en una torre real integrada en el paisaje, que desde la grisalla de Jean Van Eyck de 1437 y su traslado al grabado por G. J. Manz, tiene su máximo exponente (figura 6).

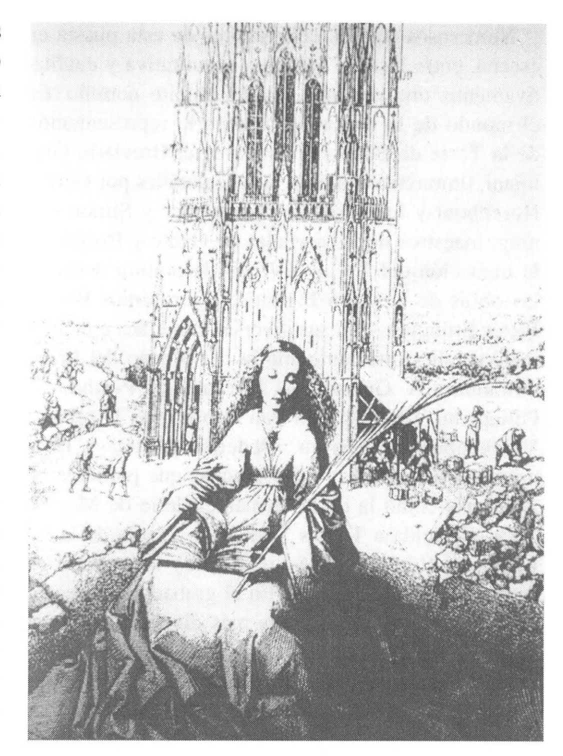


Figura 6
G. J. Manz. Santa Barbara

Arquitectura bíblica

Diversas son las referencias, e incluso descripciones, a construcciones contenidas en los textos bíblicos que alcanzaron gran predicamento. La construcción del Arca por Noé presenta interesante información sobre el modo de proceder de los carpinteros de afuera. Las pinturas de Rafael en la Logia del Vaticano de Roma fueron llevadas al grabado por Oracio Borgiani, G. Lanfranco y Sisto Badalocchio. M. van Heemskerck realizó una creación nueva que grabó Cornelio Cort y editó Hyeronimus Cock. De mayor riqueza, por abarcar todas las actividades que participan en la construcción, son las representaciones de la Torre de Babel, la construcción del Templo de Jerusalén y sus posteriores reconstrucciones. Éstas, en la mayoría de los casos, manifiestan amplios conocimientos de las técnicas de construcción y del mundo de los tratados de arquitectura e ingeniería del momento.

Una serie de tópicos se repiten. El comitente visita las obras, y progresivamente se hace frecuente que la figura del arquitecto aparezca a su lado en estrecha conversación, mostrándole, en ocasiones, las trazas como prueba del curso de las obras y del seguimiento riguroso de lo capitulado. Los carpinteros preparan el camino para la cantería y albañilería mediante la construcción de cimbras, andamios y grúas; y la finalizan mediante entramados, solados y cubiertas de estancias. Picapedreros extraen piedras de las canteras cercanas; canteros a la intemperie o bajo chamizos tallan la piedra, operarios criban o amasan arena y cal. El humo evidencia la actividad de los hornos cociendo ladrillos y de las fraguas haciendo y arreglando las herramientas. Hombres y bestias transportan los materiales hasta el pie de la obra; de nuevo, los hombres o los mecanismos por ellos construidos los suben hasta los andamios donde maestros y oficiales los asientan.

Numerosos son los cultivadores de esta puesta en escena, entre los que dominan cuantitativa y cualitativamente, una vez más, los del ámbito norteño. En el mundo de la miniatura destaca la representación de la Torre de Babel contenida en el Breviario Gremiani, iluminada con gran lujo de detalles por Gérard Horenbout y los hermanos Alexander y Simon Bening, maestros de las escuelas de Gante y Brujas, en la transición del XV al XVI. En la pintura destacan las obras de Leandro Bassano, Hyeronimus Bosch, Pieter Brueghel —en sus diversas versiones e incluso inspiraciones directas como la del Museo del Prado atribuida a A. Grimmer—, Hyeronimus Posthumus, Pellegrino Tibaldi, Jean van Scorel, los hermanos Valckenborch (Maerten, Frederick y Lucas), Hendrick van Cleve III, y otras muchas que permanecen anónimas como la de la Gemäldegalerie de Maguncia —atribuida a Tobias Verhaecht—, o la de la Pinacoteca Nazionale de Siena, muy semejante en composición a la anterior. En el grabado las escenas citadas se encuentran en las más diversas ediciones de la Biblia, series sobre el Génesis e imágenes sagradas, thesaurus, crónicas, libros de emblemas, etc. Destacan los trabajos de Maurice Scève, Hans Seban Beham, Antonio Tempesta, Virgil Solis, Jost Amman (figura 7), Cornelio Cort, Tobias Stimmer, Etienne Delaune, Gerard de Jode, Phillipe Galle, Frans Floris, Peter van der Borcht y Hendrick van Cleve III.

Sobre el Templo de Salomón y posteriores reconstrucciones, destaca la miniatura de finales del XV de Jean Fouquet en la obra de Flavio Josefo *Antiquités et Guerres des Juifs.*. Pictóricamente debemos citar a Rafael en las logias vaticanas, obra llevada al grabado abundantemente, así como la de Giorgio Vasari (figura 8). En el grabado sobresalen los trabajos A. Tempesta, V. Solis, J. Amman, G. de Jode, P. Galle y M.van Heemskerck.



Figura 7
Jost Amman. Construcción Torre de Babel.



Figura 8
Giorgio Vasari. La construcción del Templo de Jerusalén. Palacio Cancilleria. Roma

Bien pudieran calificarse como enciclopedias visuales de la construcción. Incluso, el carácter negativo, de orgullo y vanidad que transmite el texto de la Torre de Babel, se convierte en auténtica admiración por el saber organizado y esfuerzo colectivo que permite someter la naturaleza, como se deduce de la mayor predicación que adquiere el pasaje de la construcción frente al castigo propiamente dicho. En estos temas el gusto por la enumeración de los diferentes detalles de la construcción adquiere carta de naturaleza y es parte indisoluble de los mismos. Tal vez, el ejemplo más evidente lo constituya comparar dos obras de mediados de siglo: por un lado la de Giorgio Vasari *La construcción del templo de Jerusalén*, que coge como modelo para recrear el templo bíblico a la Basílica de San Pedro en tiempos de Pablo III, legitimando así la nueva obra; y por otro, la de Francesco Salviati *Pablo III ordena reemprender la construcción de San Pedro.* Pese a compartir el mismo marco arquitectónico el tema conduce a un tratamiento completamente distinto. En definitiva, la mejor vista de San Pedro en construcción que ofrece Vasari —ya hemos visto el escaso desarrollo de

cuestiones constructivas en las vistas coetáneas—, adquiere exclusivamente gran protagonismo al tratar el edificio como trasunto de la obra bíblica.

ESTAMPAS Y TRATADOS DE ARQUITECTURA COMO SOPORTE A LA CONSTRUCCIÓN

Los tratados de arquitectura durante los siglos XV y XVI presentaron un saber organizado, pero parco en determinadas cuestiones constructivas. Vitruvio dedicaba el capítulo segundo a los materiales y el décimo a las máquinas, e intercalaba en el resto de los libros numerosos consejos. El arquitecto romano fue la base de los tratados del Renacimiento, pero algunos de los componentes propiamente constructivos fueron desgajándose paulatinamente de la redacción.

Leon Battista Alberti, autor del primer tratado de arquitectura del Renacimiento, siguió la enseñanza de Vitruvio pero iniciando su visión crítica. De hecho, rompe con la tradición medieval y recupera la noción vitruviana que caracteriza al arquitecto como gran teórico y pensador, pero a diferencia de éste simplifica la enorme carga de erudición que se le exige. En el prólogo del tratado *De Architectura* lo define como aquel «que con segura y admirable norma y método aprende tanto a definir en la mente y en el ánimo, como a resolver en la obra, aquellas cosas que, de acuerdo con las leyes mecánicas y el aparejo y la trabazón de los cuerpos, se acomodan a los más nobles usos de los hombres». Pensar, materializar la idea mediante el diseño y el resolver en la obra son las facetas que se le exigen, pero su tratado no responde sistemáticamente a estos puntos, siendo elocuente que esquive el análisis monográfico a los ingenios que dedicó su predecesor. A partir de este momento los tratados dirigen la mirada hacia problemas específicos, como la configuración del sistema de órdenes, repertorios formales, perspectiva, corte de la piedra, etc.

Los tratados no pretenden un saber total que forme en la edificación, enseñanza que se adquiría mediante el desempeño de la profesión. Sólo el *Trattato di Architettura*, de Antonio Averlino *il Filarete*, manuscrito entre 1460 y 1464, parece compendiar el vacío existente. Esta obra, prolija en la enumeración de los entresijos de la construcción, pese a la pretensión del título es más bien una narración de experiencias y anhelos de un arquitecto en la que se superponen lo biográfico, lo mítico y lo utópico. Se ocupa de aspectos sociales como las relaciones entre comitentes y arquitectos, y de éstos con sus alumnos mediante el aprendizaje y con los obreros en la práctica constructiva; trata cuestiones de dirección y organización, como la distribución de los hombres; y aborda temas físicos como materiales, herramientas, transporte, sistemas para levantar pesos, problemas de cimentación bajo el agua, etc. Pese a la amplitud de los temas tampoco puede considerarse una vía de formación ajena al aprendizaje del oficio en la obra. Justamente en los puntos de mayor dificultad es donde el autor guarda silencio y cuando incide en ellos lo hace carente de una sistematización. El transporte del material, horizontal y verticalmente, calificado como el principal problema del cantero, es abordado de manera vaga. Se busca siempre el transporte fluvial, y en cuanto a las grúas, ante la complejidad de su explicación, el maestro se limita a enseñar al alumno las láminas que a este respecto contiene el *Libro de Oro*, pero sin transcribir ni dibujar el contenido del enigmático texto.

La mayor parte de los tratados de arquitectura dieron la espalda a la elevación de pesos, uno de los componentes fundamentales en la solución de los problemas que surgían en la obra —F. di Marchi, en el siglo XVI, la calificaba como la faceta de mayor fatiga y peligro, aquella que requería el concurso de todos—, tarea fundamental del arquitecto en sentido albertiano y faceta señalada para explicar el reconocimiento que adquirió Brunelleschi. Siguiendo la estela del libro X de Vitruvio, donde describía palancas, cabrias, grúas, tímpanos, súculas, arganos, etc., M. di J. Vanni conocido como il Taccola, B. Ghiberti, F. di G.Martini, G. y A. da Sangallo y J. de Herrera ahondaron en estas cuestiones; al igual que particularmente lo hicieron muchos otros maestros con cuadernos de dibujos donde recopilaban soluciones a problemas concretos. Pero todos quedaron inéditos.

Así pues, la teoría arquitectónica, que respondían a inquietudes concretas, era escueta en problemas como el traslado de pesos. La mayoría de incursiones en su solución eran particulares y no pretendían la edición, otras pese a su pretensión no la vieron nunca. Además, de la dificultad de Vitruvio se quejaban los tratadistas del XV como Averlino, Alberti y Martini, hecho que en cierta medida puede justificar, por un lado, la demora de las traducciones (1521 al italiano, 1547 al francés, 1548 al alemán, 1582 al

castellano), y por otro, la escasez de ediciones ilustradas que interpretasen el texto (la primera en 1511; destacan también las de 1521 y 1556). Pero ni siquiera la traducción aseguraba la correcta asimilación: J. de Herrera se quejó de las malas versiones en castellano, pero no fue hasta el siglo XVIII cuando se intentó paliar esta dificultad que en palabras de los protagonistas hacían los textos más oscuros que los originales; y en las sucesivas ediciones se superpusieron las críticas y correcciones a las precedentes.

La importancia de las obras de Vitruvio y Averlino en cuestiones constructivas viene reflejada por algunas de las imágenes que las ilustraron. Así, las ediciones del primero pronto contuvieron interpretaciones de los ingenios descritos y como reconocimiento a su contribución es significativo el frontispicio de la edición de Amsterdam de 1649, que presenta no una arquitectura sino su ejecución (figura 9). En cuanto a la obra de Averlino, los diversos códices que circularon de ella la iluminaron con actividades constructivas (figura 10).

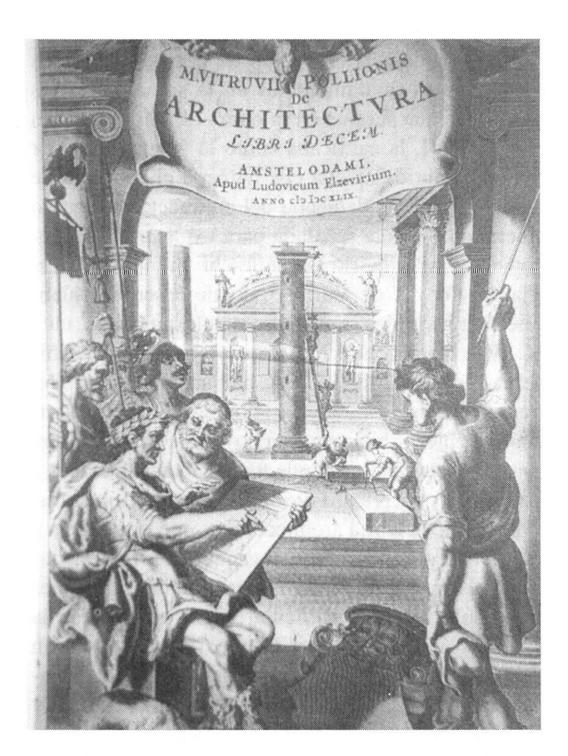


Figura 9
Vitruvio, De Architettura, Amsterdam, 1649. Frontispicio



Figura 10
Bernandino Bultimoni (?). Construcción Palacio. En Antonio Avenlino, De Architettura. 1488. Venezia, Biblioteca Nazionale Marciana.

Ante el carácter restrictivo de la difusión de tratados que satisficieran ciertas necesidades constructivas y la riqueza y variedad de propuestas que por el contrario presentaban obras fácilmente portables como libros, cuadros y grabados, planteamos como hipótesis la importancia de las últimas a la hora de formular inquietudes y buscar respuestas en ámbitos geográficos distantes. En definitiva, se trataría simplemente de ampliar la transcendencia que las imágenes adquirieron en cuestiones formales, constatada frecuentemente por los historiadores a través de confesiones de la época —como la de Juan de Arfe que en el último cuarto de siglo XVI criticaba a aquellos que copiaban estampas flamencas y francesas sin estar acompañadas de una teoría que las fundamentase—, y ello pese a la vertiente culta del mundo de los tratados. Al finalizar el siglo XVI las obras sobre las máquinas abandonaban su carácter inédito: en 1588 se publicaba la obra de Agostino Ramelli *Le diversi et artificiose machine,* en 1595 la de Fausto Veranzio *Machinae Novae*, en 1590 se difundía por toda la cristiandad la obra de Domenico Fontana sobre la traslación del obelisco del Vaticano, pero desde tiempo antes múltiples grabados ofrecieron un amplio repertorio de sistemas de transporte, elevación de pesos y las más diversas prácticas constructivas.

Las estructuras y el peso propio. Historia de enfoques teóricos versus empíricos. Esclarecimiento y relación entre las variables del problema. Estudios sobre puentes de acero como caso paradigmático

Ricardo Aroca Hernández-Ros
José Luis Fernández Cabo

Los primeros trabajos de cierta entidad sobre el peso propio son de Galileo;[1] inmersos de lleno dentro de lo que se ha venido a llamar *Revolución Científica* de finales del XVI y sobre todo del XVII. Galileo formuló por primera vez el actualmente llamado principio de Similitud o *ley del cubo cuadrado*. Es decir: la resistencia de un material aumenta en relación con el cuadrado de la longitud (L^2) mientras su peso crece con relación a L^3, por lo que todo cuerpo tiene un tamaño máximo. El primer corolario de esta ley es que las tensiones debidas al peso propio crecen linealmente con el tamaño.

No obstante, y antes de seguir adelante, hay que decir que esta la *consciencia* sobre la importancia del peso propio no surge ahora. La referencia anterior pude ser sin duda Leonardo da Vinci.[2] Nos dice de forma explícita que un cuerpo (usando el ejemplo de una cuerda colgando) podría llegar a romperse con su propio peso. Sin embargo, Leonardo no estableció reglas. Quizás su formación renacentista (imbuida en el neoplatonísmo) le impidieró ver las verdaderas consecuencias de sus trabajo.

Más atrás de Leonardo no tenemos constancia de que el peso propio haya sido problema alguno (conceptualmente hablando). Todos los manuscritos de aquellas épocas y los estudios actuales realizados apuntan hacia la reglas proporcionales (bajo relaciones estáticas y/o dinámicas). Hay que decir que estas reglas tienen (al menos en gran número de casos en los que es totalmente demostrable) un origen empírico; si bien se entremezclan o evolucionan hacia posturas más pitagóricas que pretenden establecer unas relaciones armónicas que gobiernen tanto el macrocosmos como el microcosmos.

No obstante, sea cual fuere su origen o filosofía, lo cierto es que su empleo servía para garantizar la estabilidad, resistencia y rigidez de la obra. Esto no es en modo alguno una contradicción con el principio de similitud. Debido al limitado margen de tamaño que cubrían, con luces muy lejanas a las máximas posibles, aún garantizan la seguridad de las obras.[3] Esto hace que las aportaciones de Galileo no tengan repercusión alguna en la construcción hasta el siglo XIX.

No obstante, la nueva ciencia hará que nada vuelva a ser como antes. A finales del XVII se produce una aguda crisis en la arquitectura manifestada en la *Querelle* francesa. Perrault (miembro de la Academia de Ciencias) se inventa sus dos clases de belleza; la positiva y la arbitraria. La primera es la tradicional *venustas*, la segunda justifica el orden clásico por motivos de memoria histórica. Desde entonces será esta segunda justificación la única creíble y asumible sobre los órdenes clásicos. Por tanto, hasta que el acero aparece en escena (obligando a replantear proporciones que hubieran sido inadmisible en éste material); el orden clásico aún gobierna. El primer puente de acero es de 1827. Sin duda alguna, la desaparición de la Academia y su desmembración en la Ecole des Beaux Arts y de la Ecole Polytechnique a finales del XVIII; fue otro importante parámetro que contribuyó a derribar el orden clásico. Los argumentos de la *Querelle* se agudizan en el XVIII. Un

ejemplo claro de dos posturas contrapuestas son Belidor y Boullèe.

Es entonces en el XIX cuando, debido por una parte a aparición de los nuevos materiales y por otra la existencia de un aparato de cálculo, los trabajos de Galileo tienen alguna influencia en la técnica. En Rankine encontramos de nuevo el Principio de Similitud. También observa que conociendo el tamaño máximo se podrán determinar sus tensiones de peso propio para otro cualquiera. Entre finales del XIX y principios del XX surgen numerosos estudios teóricos (gente como Herbert Spencer, Borelli, Archibald Barr, Lord Rayleigh, A. G. Greenhill o James Thomson) sobre la variación de parámetros mecánicos con al cambio de tamaño y/o de proporción. En el XX quedan aún coletazos de ese tipo de estudios; el mejor y más conocido es sin duda el de D'Arcy W. Thompson. Los estudios no van más allá de conclusiones demasiado generales y no hay constancia de que tuviesen una repercusión en los proyectos realizados en arquitectura o ingeniería. Eso sí, diferencian con claridad los conceptos de similitud geométrica y mecánica. Suponen un gran avance a nivel teórico, y son el primer paso desde una teoría general de cálculo hacia la formulación de leyes disciplinares. Así, en la segunda mitad del XIX ya comienza estudios teóricos y formulaciones empíricas sobre el peso de puentes. Los estudios no podían referirse a otra cosa, es donde comienzan a desarrollarse las grandes estructuras; mucho antes de comenzar su desarrollo en el campo de la arquitectura. Los estudios mezclan reglas empíricas y aplicaciones del cálculo diferencial. Quizás sea destacable como la variable canto óptimo cobra una importancia clave en los problemas de optimización de peso propio. El primer trabajo de interés es de 1847, de S. Wipple; pero el grueso de los mismos comienza en la década de los 70 en adelante. A nivel teórico destacan los trabajos de E. Adler y J. Lundie, que determinan (para cerchas de cordones paralelos de hierro fundido) criterios para la determinación del canto óptimo así como del la relación de pesos entre cordones y montantes y diagonales (aunque para un módulo de la cercha). Otros como C. E. Emery establecen fórmulas empíricas. En 1887, A. J. Dubois recoge una serie de ellas sobre el peso propio de puentes. También es a finales del XIX, cuando J. A. L Waddell realice las primeras críticas a las formulaciones teóricas sobre peso propio; apostando rotundamente por un enfoque empírico. Alega una excesiva complejidad del problema; no sólo por su inicial indeterminación que nos conduce (en los enfoques teóricos de la época) a un proceso iterativo; sino también otra serie de factores no específicamente estructurales que son de gran repercusión.

En 1890 aparece un trabajo teórico de suma importancia de Maxwell.[4] A él le sigue otro también excepcional de Michell en 1904.[5] El teorema de Maxwell y el concepto de *Cantidad de Estructura* (*Quantity of Material*) son herramientas que permiten evaluar el rendimiento de una estructura partiendo exclusivamente de la posición y magnitud del sistema de cargas. El descubrimiento es vital porque permitirá romper ese carácter iterativo de la variable *peso*. Veremos esto con detalle más adelante.

No obstante, permanecen durante largos años en el anonimato; y tanto su desarrollo teórico como su traspaso a la técnica es posterior, como ya veremos.

No es realmente hasta bien entrada la primera mitad del XX (los primeros aceros de buena calidad y a precio razonable de producen desde finales del XIX), cuando la construcción se mete de lleno en el terreno de las grandes luces; momento en el cual el peso propio es ya un parámetro ineludible para cualquier proyectista. Hasta entonces los trabajos se dirigen básicamente a conseguir un ahorro de material. Desastres como el del puente de Quebec en 1907, en gran parte provocado por las erróneas estimaciones del peso propio, hacen que el peso propio sea algo más que un problema de optimización. Las teorías de Galileo son ya ahora parte de la técnica del momento.

Las primeras grandes luces comienzan a construirse en Europa entre mediados y finales del XIX. A finales, los norteamericanos ya comienzan a batir los récords de puentes colgantes. A principios del XX existe un importante grupo de trabajos teóricos sobre peso propio.

A nivel teórico, en Europa, tenemos los trabajos de gente como J. Melan (1914); Maximilian H. Angst (1915); Adolf Voigt (1931).

En EEUU surgen también trabajos teóricos a principios del XX, pero centrados exclusivamente en puentes colgantes y voladizo (cantilever); es decir, en los tipos que podían construir las grandes luces de puentes. No obstante, sus resultados no contrastan bien con la práctica; lo cual hace afirmarse aún más a Waddell en sus argumentos. La gran cantidad de obra civil que tuvieron que acometer entre finales del

XIX y principios del XX para dotar de infraestructuras tan vasto territorio fue sin duda el motivo de las primeras publicaciones al respecto. Y ese gran volumen de obras fue también el que posibilitó los estudios empíricos. Los años 30 son años claves en las obras de grandes luces de puentes. En 1931 se acaba el puente colgante George Washington; en 1937 se finaliza el Golden Gate; por citar dos de los ejemplos más importantes. En Australia, en 1932 se acaba el puente de Sydney. Pero en EEUU, se hubo de ejecutar un sin fin de puentes menores con luces de todos los rangos. Esto hace que los datos empíricos de Waddell y otros americanos sean los de más fiabilidad; y no comparable en ningún modo a los Europeos.

La segunda guerra mundial es un punto de inflexión clarísimo. A nivel técnico, entramos en la era del ordenador; que posibilita un gran avance tecnológico. Es ésta herramienta la que hace casi abandonar los estudios de peso propio. Cuando a una persona la cuesta días rehacer un proceso erróneo, busca relaciones. Cuando puede reconstruirlo en minutos o segundos; no las busca. En gran medida, se deja de pensar en lo disciplinar en aras del desarrollo técnico y matemático del nuevo instrumento. Los trabajos se centran exclusivamente en el cálculo; y no en clarificar la relaciones del problema. Resulta paradójico que la matemática vuelva a los procesos iterativos usados ya antes de los griegos.

Pero en los años 40 y 50 aún quedan restos que pretenden recoger la herencia anterior; sin duda debido a que los trabajos fueron dirigidos por los grandes ingenieros que desarrollaron sus carrera en la primera mitad de siglo. En Europa, y para puentes, hay que mencionar el trabajo del alemán Otfried Erdmann (1950); centrándose sobre aceros de alta resistencia. Es destacable el hecho de que se consideren en muchos de los casos lo que denominan *Konstruktionkoeffizienten*, o coeficientes de construcción (que recoge de Melan); y que son esos parámetros no específicamente estructurales (que ya mencionamos al hablar de Waddell). No obstante, los hacen depender del tipo y no del tamaño; cosa más que discutible. En EEUU, destacan, también para puentes, las tesis de M. W. Jackson, A. S. Shouky y de J. L. Waling (sobre todo la de éste último; cuyo trabajo es casi un síntesis de lo realizado hasta entonces en EEUU y Europa). Son enfoques a través del cálculo diferencial, de nuevo, y que toman al peso propio como dato (había ya gran número de datos empíricos para todo tipo de luces y formas); lo cual no de deja de ser una contradicción brutal. Minimizando el volumen se pretende llegar al canto óptimo. Están en la línea de los trabajos teóricos anteriores. Resulta también chocante que el principal argumento para demostrar la validez de los resultados sea el comprobar que contrastan bien con las gráficas empíricas de Waddell. Esto nos da una idea de lo contrastadas y asumidas que estaban dichas tablas. Desde luego, no les quedaba más remedio que coincidir con la realidad. Las variables, no obstante, siguen sin esclarecerse; y los resultados no son generalizables. Estos son sin duda los últimos enfoques teóricos de esta línea que ya arrancaba desde finales del siglo pasado.

Paralelamente, también a nivel teórico, en 1958 aparecen dos trabajos importantísimos con un nuevo enfoque; de H. L. Cox y de W. S. Hemp. Retoman los trabajos de Maxwell y de Michell. El de más repercusión es el de Hemp. Inicia toda una serie numerosísima de trabajos sobre optimización. El ordenador fue la herramienta que facilitó esos estudios. Pero los trabajos desarrollaron básicamente algoritmos de optimización de peso; y volvieron a dejar las variables del problema sin esclarecer. Por otra parte, este tipo de trabajos sólo tuvieron algún calado dentro de las altas tecnologías (no olvidemos que los dos autores mencionados vienen del mundo de la aeronáutica; y no es casualidad). No obstante, en la construcción dichas teorías no tuvieron demasiada repercusión al no estar ligada a la producción en serie; lo cual conduce las estrategias de optimización por otros derroteros no siempre de carácter matemático. Sólo los elementos constructivos que se producen industrialmente se vieron afectados; pues en fábrica si se puede optimar, por ejemplo, la forma de una sección de acero. Aún así, la no repetición exacta de los condicionantes mecánicos entre dos obras hace que tal optimización sea sólo parcial. Y desde luego, la construcción civil se presta mucho más que la edificación a dichas tareas.

En la línea de Cox y Hemp, es destacable también los trabajos posteriores de W. Prager (1967).

En los manuales de los años 50 y 60 aún quedan rastros de las pasadas fórmulas de peso propio. Ya en los 70 son casi inexistentes. Hoy día es un legado completamente olvidado.

En EEUU, entre los años 50 y 70, se producen otros trabajos empíricos de importancia sobre el peso

propio de grandes luces horizontales en arquitectura; y entre los años 60 y principios de los 70, se publican también estudios de peso y tamaños óptimos de rascacielos. También hay ejemplo en otros campos como el de las construcciones neumáticas. No obstante, no profundizaremos aquí, y nos centraremos en el caso de los puentes.

Estamos ya en condiciones entonces de rescatar lo más válido de los trabajos anteriores.

Por una parte, a nivel teórico, el arranque más interesante se produce con Maxwell y Michell. Son los únicos enfoques que pueden romper el carácter iterativo del problema. Además, como indicaría Waddell, los desarrollos teóricos de finales del XIX y principios del XX no cuadraron bien con la realidad. Y los posteriores utilizan a Waddell para refutarse. Todo ello invalida en cierto modo los estudios teóricos. Además, las variables del problema siguen por tanto sin clarificarse.

Por otra parte, a nivel empírico, los trabajos más numerosos y de más fiabilidad estadística (en el caso de puentes) son los americanos de la primera mitad del XX (hasta el inicio de la segunda guerra mundial).

Enunciaremos entonces brevemente las teorías de Maxwell y Michell para, a partir de ellas, elaborar un cuerpo que clarifique las variables del problema y establezca sus relaciones. Posteriormente, hablaremos sobre los trabajos empíricos americanos mencionados.

El Teorema de Maxwell parte de la hipótesis de que toda estructura se puede discretizar en una estructura de barras; que queda definida por una serie de nudos unidos por rectas con una determinada topología. Partiendo de ello, el teorema afirma que, dado un sistema de fuerzas en equilibrio: $\sum N_i L_i = K_M$; (donde N es el axil de la barra, con signos distintos en tracción y compresión; L es la longitud de la barra, y K_M es un invariante al que denominamos constante de Maxwell);[5] esta relación es independiente de la forma de la estructura y sólo depende de la posición y magnitud de las fuerzas. Si no diferenciamos signos en N, el sumatorio permite determinar el volumen de material de una estructura una vez establecido un criterio para las tensiones de trabajo. A dicha cantidad por ello le llama —Cantidad de Estructura— (ω) y será igual a: $\sum |N_i| L_i = \omega$; La relación con el volumen de la estructura será por tanto: $V \propto \omega/\sigma$. Hasta aquí llega Maxwell.

Michell aclara aún más ese paso de cantidad de estructura a volumen; descomponiendo tracciones (ω_T) y compresiones (ω_C): $|\omega_T - \omega_C| = K_M$; $\omega_T/\sigma_T + \omega_C/\sigma_C = V$. Por tanto, la esquema de menor cantidad de estructura será también el de menor consumo de material. Pero aporta algo más. Demuestra que minimizar la cantidad de estructura pasa por poder maximizar las deformaciones unitarias ε de los elementos. Si todos ellos puede trabajar a una ε máxima la estructura es mínima. Estudia entonces los esquemas geométricos que permiten compatibilizar totalmente la deformación de todos los elementos; ya que éstos entonces producirán esquemas de material mínimo. Si la estructura mínima pesee una ε máxima, quiere decir que la estructura más eficaz es al mismo tiempo la más rígida. Y hasta aquí llega Michell.

Del teorema de Maxwell se derivan dos corolarios importantes: a) si minimizo la cantidad de estructura de tracciones o compresiones por separado minimizo el volumen de material; b) los esquemas en el que sólo existan tracciones o compresiones son idénticos entre sí y además mínimos.

Por otra parte, si llamamos alcance (Δ) a la relación σ/ρ (siendo σ la tensión de trabajo y ρ el peso específico); el peso total ($\wp$)de la estructura vendrá dado por: $\wp = \omega/\Delta$. Es por tanto el alcance un parámetro básico. Podemos incluso considerar el efecto del pandeo, del cual prescinde la relación de Maxwell. La manera más simple es (y así lo hacen muchos trabajos teóricos anteriores) partir del hecho de que tanto la normativa de puentes americana con la que se construyeron los puentes que se analizarán (AREA), como la práctica constructiva, recomiendan el empleo de esbelteces mecánicas con valores de entre 100 y 120; y lo más habitual en grandes luces es el primer valor. Esto nos conduce en acero a un coeficiente de pandeo de dos para cualquier elemento comprimido Cuando el tamaño crece, se recurre a un cambio de forma de la sección, pero se sigue manteniendo el factor de pandeo. Esto mismo hace que las grandes luces tengan una mayor repercusión en el peso de uniones que las grandes; uno de los motivos por el que discutíamos la independencia de los coeficientes de construcción con el tamaño. Por tanto, con pandeo, $\wp = 1.5\omega/\Delta$ (considerando el alcance para la tensión admisible de tracción).

Es decir, partiendo sólo de la geometría de la estructura; de la magnitud y posición de las cargas; y estableciendo un criterio tensional; podemos deter-

minar el volumen de material sin entrar en un proceso iterativo.

Hemos hablado de criterio tensional, no de dimensionado. ¿Pero que relación hay entre ambas variables?. Supongamos que variamos el area (A_i) de un elemento por un factor cualquiera *k*. El peso de la pieza varía también con esa relación; por lo que las tensiones debidas al peso propio no varían. Es decir, las tensiones debidas al peso propio no dependen del dimensionado. Recordemos que del Principio de Similitud se deriva que las tensiones debidas al peso propio varían linealmente con el tamaño. Si puedo determinar el tamaño máximo de una estructura, podré saber que parte de tensiones se lleva el peso propio (σ_{pp}) para un tamaño menor. Es decir: $\sigma_{pp}/\sigma_{adm} = L/L_{max}$.

Por tanto, si hablamos de fuerzas de masa, el criterio tensional queda establecido al fijar la geometría y el tamaño; determinándose sólo con éstas dos variables su consumo de material derivado del peso propio.

En el caso las fuerzas exteriores (carga), el único modo de comparar tipos es suponer un dimensionado estricto, de modo que las tensiones sean iguales.

Hasta ahora hemos considerado cambios de tamaño semejantes. Pero algo muy útil será considerar la transformación afín de un modo más general. Para ello introduciremos otro parámetro relevante, la esbeltez (λ=Luz/canto). La Cantidad de estructura puede descomponerse en horizontal ($\omega_{—}$) y vertical ($\omega_{|}$); teniendo en cuenta que $\sum|N_i|L_i=\sum|N_x|L_x + \sum|N_y|L_y$ (podía ser cualquier otra que cerrase un polígono sumatorio con tres direcciones). Supongamos que partamos de un esquema óptimo, al que denominaremos con el subíndice *0*. ¿Como variará su cantidad de estructura si paso a una esbeltez cualquiera λ? Nos interesa descomponerla en vertical y horizontal, ya en que la transformación escala sólo el eje de ordenadas (para comparar tamaños iguales). Tendremos: $\omega_{—} = \omega_{—0} * \lambda/\lambda_0$ y $\omega_{|} = \omega_{|0} * \lambda_0/\lambda$. De ella se deriva que $\omega_{—} * \omega_{|} = \omega_{—0} * \omega_{|0}$. Si dos productos son iguales, la suma es mínima cuando ambos son iguales; por lo que en el óptimo se cumple la relación: $\omega_{—0} = \omega_{|0}$. Igualmente es demostrable la relación: $\omega_{T—0} = \omega_{|T0}. = \omega_{C—0} = \omega_{C|0}$. De las anteriores expresiones se deducen otras claves: $\omega = 1/2\omega_O(\lambda/\lambda_O + \lambda_O/\lambda)$; $\omega_O = 2\sqrt{\omega_{—} * \omega_{|}}$; $\lambda_O = \lambda\sqrt{\omega_{—}/\omega_{|}}$. La primera de estas relaciones puede expresarse, para cualquier estructura, del modo: $\omega = \wp L(A\lambda + B/\lambda)$; donde $\lambda_O = \sqrt{B/A}$; $\omega_0 = K\wp L$; $K = 2\sqrt{A*B}$. A y B son constantes derivadas de la geometría de la estructura. Si suponemos que el peso propio y las fuerzas externas tienen la misma distribución (cosa más cierta cuanto más grande es el tamaño), la cantidad de estructura relativa al peso propio será: $\omega_{pp} = \wp_{pp}L(A\lambda + B/\lambda)$; y evalúa la parte de material destinada a soportarse a sí misma, que crece linealmente con la luz. Para el tamaño máximo, $\sigma_{pp} = \sigma_{adm}. = \sigma$. Considerando la relación $\wp = 1.5\omega/\Delta$; el tamaño máximo derivado de su propio peso tendrá el valor: $L_{max} = \Delta/\{1.5*(A\lambda + B/\lambda)\}$. El tamaño máximo depende por tanto del material (Δ), del criterio de dimensionado (1,5 con factor de pandeo constante de 2), de la topología de la estructura (AyB) y de sus proporción (λ). Podemos ver el tipo de variación gráficamente en la figura 1. La repercusión del material es lineal con relación a el alcance Δ.[6]

Recordemos que: $\sigma_{pp}/\sigma_{adm} = L/L_{max}$. Y por tanto: $\wp_{pp}/\wp_{TOTAL} = L/L_{max}$. Si separamos la carga total en exterior y de peso propio: $\wp_{pp}/(\wp_{pp} + \wp_{EXT}) = L/L_{max}$ fi $\wp_{pp}/\wp_{EXT} = L/(L_{max} - L)$. Esto implica que para le mitad de la la luz máxima, el peso propio se ya igual a la cargas exterior adimisible. Veamos la relación gráficamente en la figura 1, con (L/L_{max}) en abscisas y ($\wp_{pp}/\wp_{EXT}$) en ordenadas.

Las estructuras construidas de mayor tamaño suelen andar como máximo en luces de entre un 10 a un 20% de las máximas; lo cual desde luego no quiere decir que sea razonable pasar de ahí, sino que nos indica la gran influencia de otros factores (variación del sitema de cargas, efectos dinámicos, térmicos,...) en el diseño final de una estructura. Un coeficiente de seguridad muy empleado al hablar de grandes es-

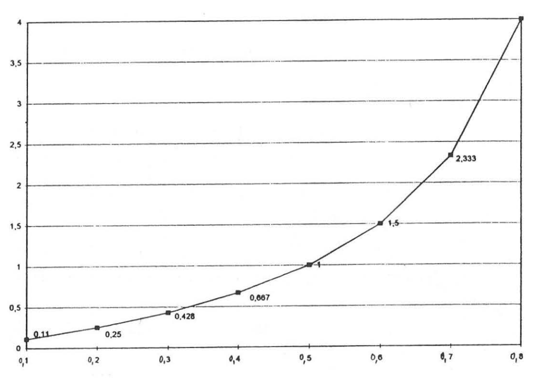


Figura 1

tructuras de puentes concebidas con los nuevos materiales es $\gamma=6$; lo cual indica quedarse en el 16.6% del tamaño máximo. Con este coeficiente se han realizado estudios sobre la viabilidad de puentes para el estrecho de Gibraltar.

Centremonos ahora en los datos empíricos armericanos sobre puentes de finales del XIX y principios del XX. Sin duda, el autor más prolífico es Waddell.[7] W. H. Thorpe es otra figura destacable; pero maneja menos datos de primera mano que Waddell. No obstante, podríamos hablar de muchos otros. C. D. Foight, A. H. Fuller, W. E. Wilbur, W. N. Downey, T. M. Ripley; H. H. Allen; M. S. Ketchum, F.O. Dufour, P. Schantz, F. E. Turneaure; etc...

Lo primero que nos llama la atención en las gráficas de cualquier autor es su tendencia pronunciada a la linealidad; o la total linealidad cuando hablamos de luces medianas. En la figura 2 vemos una de éstas gráficas de Thorpe[8] que sintetizas los resultdos de varios tipos. Las figuras mostradas son ejemplos, pero podíamos mostrar decenas más.[9] De nuevo, como en las fábricas, vemos que a pesar de la total certeza enunciada en el Principio de Similitud, la variación es sensiblemente lineal en tramos que abarcan un altísimo porcentaje de las construcciones. Donde la variación empieza a desviarse de la linealidad se cambia a un tipo más eficaz.

Las primeras fórmulas que se plantean suelen ser del tipo $\wp=k_1+k_2L$; donde k_i son constantes. Se plantea incluso la variación en el ancho del tablero (b). Una de éstas fórmulas es de Waddell y es del tipo $\wp=k_1+k_2b+k_3bL+k_4L$. Los datos empíricos van mostrando, como era lógico, la desviación de la linealidad en las grandes luces; por lo que posteriormente se sacaron fórmulas del tipo $\wp=k_1+k_2b+k_3L+k_4bL+k_5bL^2$ (E.S. Shaw).

CONSOLIDATED DIAGRAM (MEAN CURVES).

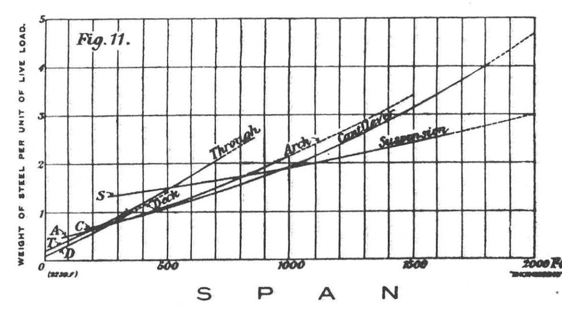


Figura 2

Ello muestra, como decíamos, la poca claridad de las variables. Las constantes son grandes sacos donde se agrupan factores materiales, de esquema, tipo de fuerzas externas y de proporción.

Habría que hacer mención a la influencia del tipo de carga exterior (dimensionalmente hablando) en dichas relaciones.

La cuasi-linealidad de las gráficas mencionadas está vinculada a unas condiciones particulares de carga. Merece la pena explicar ésto. Si realizamos un análisis dimensional[10] de la variación de tensiones con el tamaño; llegamos a: $\sigma=\wp\varphi(\varphi_{i...}, \varphi_j)/L^2$; donde $\wp$ y L son una fuerza y una dimensión cualesquiera (elegiremos la carga total y el tamaño máximo) y $\varphi(\;)$ es una función de forma que engloba criterios de dimensionado, geometría y proporción y posición y magnitud relativa de cargas. Ahora bien, $\wp$ puede ser función de L^0, L^1, L^2 ó L^3. O sea, podemos tener una carga puntual, una lineal, una superficial y siempre una de peso propio. Las relaciones serán entonces, respectivamente, $\sigma=k/L^2$; $\sigma=k/L$; $\sigma=k$; $\sigma=kL$; siendo k una constante del tipo $\varphi(\;)$.

Las tensiones totales núnca se producen de forma única, sino que son sumas de los cuatro tipos anteriores en distintas relaciones para cada caso. Dependiendo del tamaño, su influencia se modifica, siendo las primeras las que más repercuten en los pequeños tamaños y lás ultimas en los grades.

Si considerásemos el pandeo debemos incluir otro monomio adimensional, la esbeltez mecánica; y las relaciones cambian aunque no drásticamente. Se produce símplemente una variación en el factor k. Ello es debido, como dijimos, a que la variación de tamaño no se hace de forma semejante en el dimensionado de las piezas; sino sólo en el esquema geométrico de la estructura.

Hay que decir que las gráficas empíricas americanas se plantean para las *proporciones económicas* (que no nos dicen cuales son; pero que no son más que las que se venían empleando en la práctica, de lo cual sí hay información). Hay incluso una la fórmula de corrección en relación a la esbeltez; con una fórmula casi igual a la nuestra. En los primeros trabajos Plantea que con el cambio de esbeltez el peso de los cordones varía de forma inversamente proporcional y montantes y diagonales lo hacen de forma directamente proporcional. Esto no es exacto sino conside-

ramos el pandeo; y con pandeo dependería de los casos. Pero la práctica demuestra que es una relación muy aproximada. También hay factores de corrección por cambio en el tipo de acero, en éste caso empíricos.

Otra de las ayudas importantes de los trabajos empíricos americanos es que van a determinar parte de esos *coeficientes de construcción.* Nos dan fe de su gran relevancia numérica; a pesar de que por su naturaleza no sean directamente aplicables a las construcciones actuales. Así, para puentes con roblones y aceros (Carbon Steel) con σ_{adm} ª1000 kp/cm^2, la repercusión por uniones (placas,roblenes,...) era de un 30 a un 40% (Esto cambia sustancialmente con la aparición de la soldadura). En el caso de puentes cercha, los arriostramientos laterales tienen una influencia del 10 al 15%.

Hay además otros factores de corrección que deben considerarse; pero no hay espacio para desarrollar el tema.

Por último, y como es lógico, se ha contrastado el enfoque teórico propuesto con los datos empíricos con buenos resultados.

El trabajo que se presenta es parte de la tesis doctoral en marcha que está realizando José Luis Fernández Cabo bajo la dirección de Ricardo Aroca Hernández-Ros. Recoge largos años de trabajo en el tema del director de la tesis, sin los cuales hubiera sido imposible llegar a dichas conclusiones.

Como es lógico, y a la espera de la finalización de la misma, no se ofrece una bibliografía completa del tema que por sí misma llenaría más páginas de la que constituye la ponencia. Así mismo, hay datos empíricos más que suficientes sobre otros tipos estructurales. El artículo está quizás demasiado condensado; pero nos remitimos a dicha tesis para aclarar datos e ideas.

Conclusiones

La consciencia teórica en la importancia del peso propio y de la existencia de un tamaño máximo para cualquier estructura se produce en el siglo XVII (con los trabajos de Galileo); sin embargo, no repercutió en la práctica constructiva hasta finales del XIX. Desde entonces, y hasta la mitad de nuestro siglo, se suceden gran número de estudios teóricos y empíricos sobre el peso propio y las proporciones óptimas (en el caso de edificación los estudios llegas hasta los años 70). Destacan los trabajos empíricos por la calidad de la información. Con el desarrollo de los ordenadores se deja de pensar en gran medida en lo disciplinar. El grueso de la investigación se centra en la optimización de procesos industriales a través de algoritmos numéricos; métodos que son poco útiles en el diseño de estructuras de edificación e incluso en gran parte de la ingeniería civil. Con ello, un nuevo instrumento deja en el olvido más absoluto una tradición reciente que era un elemento importante de diseño.

Por otra parte, las variables del problema nunca fueron clarificadas. Se presentan, así mismo, estas variables y sus relaciones. Para peso propio, las variables son: el esquema geométrico (que implica una cantidad de estructura), el material (mediante el alcance=σ/ρ) y el tamaño. Los resultados han sido contrastados con los datos empíricos existentes con plena satisfacción; mostrándose como un una herramienta básica para el diseño de estructuras.

Bibliografía y Notas

1. Galilei, Galileo. «Jornada 2ª». *Consideraciones y Demostraciones Matemáticas sobre Dos Nuevas Ciencias,* Madrid. Editora Nacional, 1976.
2. Da Vinci, Leonardo. Códice Matritense. Madrid. Biblioteca Nacional. &
   Da Vinci, Leonardo. *Manuscrito A de L'Institut de France.* Grenoble. (Ed. Facs.) Roissard, 1972.
3. El tema de las reglas proporcionales en obras de fábrica y su validez ha sido estudiado en: Huerta Fernández, Santiago. «Diseño Estructural de Arcos, Bóvedas y Cúpulas en España ca. 1500— ca. 1800». *Tesis Doctoral.* ETSAM; Madrid, 1990. (Director: Ricardo Aroca).
4. Maxwell, James Clerk. «On Reciprocal Figures, Frames and Diagrams of Forces». *Scientific Papers (From the Transactiones oj the R. S. of Edinburg; Vol. XXVI; pp. 21-23)*;?ed.; París. Librarie Scientifique J. Hermann, 1927 (1890).
5. En realidad, Maxwell dice que esa constante es cero. Es sencillo mostrar un contraejemplo que lo niega. Cuando Michell publica su artículo dice que Maxwell estable un valor constante *C*; cosa que si es demostrable.
6. A pesar de que no todos los materiales usados en estructuras, son totalmente elásticos hasta rotura, sí lo son básicamente en servicio; lo cual justifica esa relación lineal. Esto además es muy claro en los nuevos materiales.

7. Waddell, J. A. L. «Weight of Metal in Steel Trusses». *Proceedings of the American Society of Civil Engineers; Transactions*. Vol. 101; (Paper 1923); 1936. El artículo tuvo una publicación anterior (con menos comentarios), y condensa otros iniciales. Seguirá publicando cosas de importancia.
8. Thorpe, W. H. Steel Bridge Weights. London. Engineering News-Record.
9. La estructura federal de EEUU hizo que, en la primera mitad del XX, diveros Estados realizaran por separado sus gráfias de peso própio; lo cual supone una gran riqueza de datos de diversas fuentes. Lo dicho anteriormente se cumple en todos ellos.
10. Palacios, Julio. Análisis Dimensional. 2ª ed.; Madrid. Espasa-Calpe. 1964 (1955); pp. 113-114; que a su vez recoge el trabajo de: Rayleigh, Lord. «The Priciple of Similitude». *Nature*. Vol. 95. 1915; pp. 66.

El sistema de fundación de puentes en época moderna, a la luz de las fuentes manuscritas

Begoña Arrue Ugarte

Las condiciones constructivas que se especifican en los contratos notariales de la obra de un puente proporcionan una valiosa información para el conocimiento del sistema utilizado en la ejecución de estas obras. En algunos casos son tan detalladas, que la mayoría de la veces los estudios realizados de carácter histórico se limitan a transcribirlas, y tan sólo se interpretan aquellas referidas a la arquitectura que emerge del agua, mientras que la fundación de la misma no recibe la atención que merece.

Las fuentes manuscritas riojanas, su comparación con las conocidas en otras regiones y su relación con los tratados y manuales de uso en la época, pueden servir de ejemplo del interés y significado de la documentación de estos contratos para la historia de la construcción. Su aportación es progresivamente más rica en datos, a medida que nos adentramos en el siglo XVIII. No obstante, si las noticias de la primera mitad del siglo XVI son escuetas respecto a la cimentación de la obra, en su segunda mitad y a lo largo del siglo XVII, desarrollan una mayor especificidad que nos permiten seguir linealmente el curso de la construcción de un puente, desde sus fundamentos.

En primer lugar, se pone de manifiesto en las fuentes el principio vitruviano de la apropiada elección del emplazamiento de la obra. Por lo general, la ubicación en época moderna queda prefijada por la existencia en el lugar de un puente de época anterior. Sin embargo, en la riqueza informativa de la historia documental de un puente, se pueden observan modificaciones del emplazamiento en algunos ejemplos, bien debido a los continuos derribos y socavaciones de las fundaciones del puente precedente, o bien a otro tipo de intereses, cuando no es motivado por un nuevo análisis de la madre y el lecho del río.[1]

Sin embargo, pese a una razonada ubicación del puente por confluir en ella todos los intereses, el cambio de madre de los ríos ocasionaba uno de los grandes problemas del mantenimiento de estas obras públicas. Es el caso del río Oja a su paso por Santo Domingo de la Calzada del que nos habla González de Tejada, refiriendo cómo San Juan de Ortega se vio obligado a realizar un puente de madera sobre cepas de piedra, desde el construido por Santo Domingo hasta las heredades de la margen occidental, dada la frecuencia con la que el río mudaba de madre, lo que trajo consigo obras continuadas de reparación en este paso.[2]

La necesidad de encauzar las aguas para obligar al río a dirigirse hacia los arcos de desagüe del puente, además de requerir la construcción de sólidas manguardias, también motivó obras de encauzamiento más complejas, como las que entretuvieron durante siglos a la villa de Haro para lograr, relativamente, la conservación del puente sobre el río Tirón. Tras la reforma del trazado del río a mediados del siglo XVII, se encargó en 1777 al maestro arquitecto Miguel Gómez un nuevo proyecto y traza para la construcción de un cauce aproximado de 40 m de longitud, 7, 5 m de ancho y algo más de un metro de profundidad, con el que se lograra conducir las aguas

del río hacia los arcos de piedra del puente, ya que, en parte, se mantenía con tablero de madera. En las condiciones de esta obra el maestro especifica la disposición y construcción de las «estacadas» de 35 y 71 m de longitud (figura 1):

> ... haciendo una zanja o cauze, según o con las latitud de cinquenta varas de largo, nuebe de ancho y cinco quartas de profundo, guiado hacia los dos ojos del puente de piedra y caseta, según demuestra la letra A, del borrón que acompaña = Que desde el principio de la zanja por la parte de abajo, se a de hacer una estacada con quatro órdenes de estacas de medio pie de grueso y ocho de altas, fijándolas según muestra la planta B, y se an de entrar a fuerza de mazo lo que manifiesta el alzado B, y dicha estacada ha de tener ciento veinte y cinco pies de larga en línea diagonal, según manifiesta la planta B. de ancho, y al mismo tiempo se ha de ir tejiendo de barda y terraplenando de piedra grijo y algo de tierra, con algunos céspedes... así mismo se a de ejecutar a la parte de arriba otra estacada de doscientos cinquenta y tres pies de larga, también en línea diagonal, dando principio desde medio de un árbol que se alla tumbado en el agua, a fenecer en el otro extremo y un poco de campo que se enquentra primero saliendo del agua, y an de llevar tres órdenes de estacas originarias, fijándolas a fuerza de mazo como en la anterior, y tejiéndolas de barda y grijo, según demuestra la planta y alzado, cuios reparos, cauze y estacadas pueden ser de costo, según el abanze que tiene hecho, tres mil trescientos y cinquenta reales...[3]

Este sistema de tablestacas con relleno de tierra y barda, entendiendo por tablestaca la estaca de sección rectangular, debió ser el habitual para el desvío del cauce en épocas de estiaje o en otoño, como recomendaban los tratados, pero las fuentes manuscritas no son muy explícitas a la hora de relatar las labores de apertura de cimientos y sistema de achicar agua para trabajar en seco. Pese a que se tiene constancia del uso de ataguías desde la Antigüedad, no tenemos noticias concretas en La Rioja hasta el siglo XVI y el término («atagía» y «atajía») no lo documentaremos hasta el siglo XVIII, en torno a 1780. No obstante, ya lo utiliza Fray Lorenzo de San Nicolás en su *Arte y uso de Arquitectura* (1633), donde describe de forma práctica el sistema de ejecución de la ataguía:

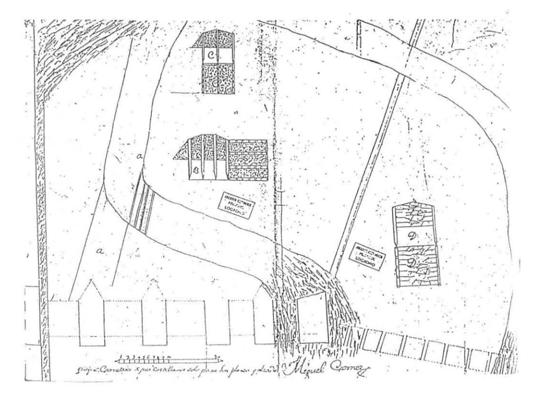


Figura 1
Traza de Miguel Gómez para las obras del cauce y estacadas del puente sobre el río Tirón en Haro, 1777 (A.H.P. La Rioja: Haro, Matías Martínez de Moretín, 1777, leg. 4254)

> Y asi para apartar el rio de una parte a otra, te apartarás una pequeña distancia del asiento de la puente, y de la parte que te apartares, por la que quisieres guiar las aguas, de un extremo á otro irás hincando estacas á trechos, unas de otras poco mas de tercia, y que sean largas, para que sobrepujen del agua, y clavarás unas por un lado, y otras por otro, formando un grueso de pared, tanto gruesa, quanto la pujanza fuere del rio: despues, de unas á otras las entretexerás de taray ó retama, y en el medio las macizarás de piedra y arena, y broza, para que entrapada, no ofenda la obra: de esta forma harás las ataguias...»[4]

Una ejecución similar de ataguía doble propone el maestro mayor José de Villarreal en 1650 para las reparaciones del puente «de las Ventas» sobre el arroyo Abroñigal en Madrid, en el camino real de Alcalá, puente que visitará cinco años después Fray Lorenzo de San Nicolás.[5] En La Rioja, se menciona la ataguía, así como la acción de barrenar, en proyectos de Francisco Alejo de Aranguren, como el de 1778 para el nuevo puente de Torremontalbo, en el que presupuestó los trabajos de la ataguía, junto con los andamios y cimbras en 28.875 reales.[6] Las condiciones constructivas nos hacen suponer que seguía el sistema de tablestacado de madera, es decir, una ataguía sencilla y no doble como la que comenta Fray Lorenzo, aunque no podemos saber cómo era el machihembrado de los tablones de estas paredes. De igual modo, se especifica la ejecución de una estacada de contención en el proyecto del mismo maestro para el puente de Piedra de Logroño, en 1779:

> Que para precaver el daño que amenaza después de lo mucho que tiene hecho por la inclinación que ha tomado

el río hacia la parte del norte, se deberán poner hasta 3000 estacas en donde se señala con los núms. 36 y 37, de medio a siete pulgadas de grueso y el largo que permita el terreno, entrándolas con el mazo a mano y entre ellas 200 de una cuarta de grueso, con punta de yerro, que se entren al impulso de una máquina de las que regularmente se usan para estas maniobras: estas estacas se pondrán de modo que no escedan de la superficie de la tierra más que pie y medio, y se entretegerán con ramas de berguizo,[7] para que el mismo río aposture sobre ellas, con lo que, y continuando en aplicar dichas estacadas, se podrá fortalecer el terreno que se halla tan debilitado y robado del río por aquella parte».[8]

En los trabajos de construcción de ataguías o de desvío de las aguas de los ríos para una mejor edificación, participaban todos los vecinos, y sus gastos solían correr por cuenta del promotor de la obra.[9] En esta fase es muy probable que las costumbres no fuesen muy diferentes a las que se mantenían en Francia durante la Edad Media. Tras la celebración de una misa, todo el pueblo trabajaba sin descanso hasta conseguir el dominio de las aguas, algo que muchas veces sólo podía superarse por la abundante mano de obra, a falta de un perfeccionamiento mayor de los instrumentos de trabajo.[10]

El estudio de las márgenes y del lecho del río buscará la existencia de roca para una mejor y más segura fundación del puente, de modo que se pudiese evitar los costes de un zampeado de estacas y pilotes. Una de las primeras condiciones en los contratos notariales de los proyectos es que se profundice la cimentación hasta encontrar peña firme, entendiéndose que es ésta la circunstancia más apropiada, de mayor facilidad para la ejecución de los trabajos y menor costo. Así, en el lecho del río Ebro debía ser fácil hallar roca firme, al decir del académico Diego Ochoa y el trasmerano Francisco Gil Collado en 1780:

... pues es constante a todos los naturales del País, y saven como cosa cierta, que todo el lecho del río Hebro es peña como se manifiesta, y deja ver en sus márgenes. Y prueba de esta verdad, distante de aquella villa cinco leguas, ha construido don Pedro del Mazo el puente de la de Miranda de Hebro sobre peña, y a distancia de él tres leguas más avajo, se halla el puente que llaman de Briñas, radicante en jurisdicción de esta dicha villa (Haro), el que están redificando al presente los relatantes, y en el recalze que han echo en el fundamento de su cepas, han encontrado se hallan fundadas sobre peña...[11]

Profundidad de la cimentación de puentes en La Rioja

pies	metros aprox.	localidad	río	año
4	1, 2 m.	Tirgo	Tirón	1741
5	1, 40 m.	Murillo Leiva Torremontalbo	Leza Tirón Najerilla	1629 1772 1778
6	1, 68 m.	Cuzcurrita Leiva	Tirón Tirón	1588 1742
7	1, 96 m.	Anguciana	Tirón	1763
10	2, 8m.	Anguciana	Tirón	1674
más de 10	más de 3 m.	Arnedo	Cidacos	s. XVIII

Figura 2
Profundidad de la cimentación en los contratos de construcción de puentes en La Rioja

Por otro lado, la fundación de la obra sobre peña era una condición refrendada por el Arte y los consejos de los Autores Clásicos de la Arquitectura:

... Por lo que, si de esta vez, y presente actualidad, no se fundan sobre peña los cimientos, necesidad pide el arte y aconsejan los autores clásicos de arquitectura, no contará siglo entero su permanencia, y correrá la misma suerte que la anterior, ni menos será segura su duracion como a la verdad deven ser perpetuas las obras públicas...[12]

La perpetuidad de la obra pública formaba parte de la esencia misma de su construcción y, por ello, la no observación de este principio de las fundaciones sobre roca firme, traía consigo la ruina de la obra, como había ocurrido en época medieval.

...Y para manifestar y hacer ver la necesidad urgente de fundar las citadas dos cepas sobre peña, en el supuesto cierto de que la hay, para maior estavilidad de dicha puente de la villa de San Vicente, téngase presente y a la vista, que por no estar fundados las dos cepas del anterior sobre este principio sólido, la socavó de tal manera por las narices de sus bajamares (sic) que ha causado su ruina, sin embargo de que era de mui buena construcción, extructura y magnificencia, favricado a últimos del siglo pasado, subcediendo lo mismo de otro mucho más angosto cuias ruinas se han encontrado con el sondeo, y aparecen devajo del agua, y se dice fue echo en tiempos de los señores reyes de Navarra, quando dicha villa, y toda la provincia de Rioja se hallava sujeta a su corona...[13]

Del mismo modo que en los contratos de puentes riojanos, las fuentes publicadas sobre la construcción de estas obras en Alava, recogen la condición de fundar sobre roca y el sistema de llevarlo a cabo. Así, en el plan de obras del puente de Catadiano, del 1 de febrero de 1779:

> Ytem condición que dicho maestro ha de ser obligado a habrir los cimientos para las dos cepas laterales hasta encontrar peña firme, y en ella hacer una roza hasta enivelarlas y profundizarla tres onzas...[14]

Y en las del puente del Molino en Jócano del año 1789, se dice:

> Yten es condición que el maestro rematante a de ser obligado a abrir todos los cimientos de dicho puente hasta encontrar peña firme, y en ella hazer una roza de tres onzas de profunfidad, enibelando dicha planta em todo lo que coje el puente, y manguardia,...[15]

La cimentación sobre peña se recoge en uno de los proyectos de construcción del puente de Torremontalbo sobre el Najerilla que ejecutarían Ignacio de Elejalde y Mateo de Retes, en 1735. La descripción no es muy elocuente pero, una vez descubierta y limpia la peña, se practicaría una roza a media vara de profundidad (poco más de 40 cm), en el espacio que ocuparían las nuevas cepas que se tenían que levantar.[16] En el proyecto de Aranguren para este mismo puente de 1778, se propone que la cimentación de media cepa de la margen izquierda y de las manguardias, donde existía roca, se llevase a cabo haciendo «un rebajo, de modo que quede encajonada dicha media zepa y vanguardias una quartta, ygualando todo su lecho orizontalmente», mientras que para el resto de la obra, donde «el pavimento todo es cascajo, sin que haya solidez para su planificación», se realizaría un zampeado.[17] Con mayor precisión se recoge su propuesta de cimentación en las condiciones para llevar a cabo las nuevas obras en el puente de Logroño,

> ... se delinearán las cepas con arreglo a su respectiva planta, profundando sus cimientos, hasta descubrir la peña ... que se rozará medio pie por todo el ancho de la cepa y conforme a la delineación de su planta, se erigirá el macizo con piedras de la mayor magnitud, labradas a picón, que tengan una vara de lecho los sillares y tizones de 5 a 6 pies, macizando los intermedios con buena mampostería y cascajo menudo del río, enrrasada que sea la primera hilera, se echará la segunda y tercera, cortándole en cada uno medio pie que le quedará de zarpa o rodapié...[18]

Por tanto, esta cimentación sobre roca consistía en establecer un encajonado de piedra de sillería en la misma, con macizo de mampostería y cascajo, embutido en una roza de medio pie de profundidad, según Aranguren, (cerca de 15 cm) o de un pie, si era posible, en opinión del académico Diego Ochoa, quien emitió un informe sobre este proyecto en 1780. También él era de la opinión de que los zampeados en ríos donde se pudiese llegar a la roca no eran necesarios, pues se asentaban sobre cascajo y tampoco se podía pilotar en la peña viva,

> ...Pero las de los zampeados que proponen no se han egecutado ni se deben egecutar por ser gasto inútil respecto la poca seguridad que pueden tener los pilotes o estacas clavadas en cascajos movibles y no poderse afianzar sus puntas en la peña viva que se halla debajo del, pues aunque en todas partes no se descubre, se ve en algunas y está patente en las márgenes del río y saben todos como cosa cierta y experimentada que el río Ebro tiene verdadera madre de piedra viva, por lo cual los zampeados en los puentes de este río son viciosos y nada subsistentes...

El mismo Diego Ochoa, junto a Francisco Gil Collado, hablarán de la inutilidad de los zampeados sobre cascajo y del establecimiento de ataguías en su mencionada propuesta para el reparo del puente de San Vicente de la Sonsierra,

> ... Y fundándola sobre peña las dos cepas para su maior solidez, seguridad y permanencia, quitando el zampeado porque su construción es sin comparación mucho más difícil y costosa, como se deja conocer en el establecimiento necesario de ataguías y otras máchinas precisas para la estracción de aguas de los cimientos, y dejar sitio libre para la perfecta plantificación de los nominados pilares o cepas, con las disposiciones que se requieran para que los operarios puedan travajar con toda seguridad, lo ejecutarán y practicarán en novecientos y treinta y seis mil reales vellón, con la espresa condición de que se nos ha de permitir el romper la presa que se halla devajo del puente, por no serles fácil de otra suerte, el conseguir el desagüe de las muchas aguas que se hallan congregadas a las espresadas cepas que de ninguna suerte será asequible su fundación con seguridad...[19]

Sin embargo, la mayoría de los puentes exigían una cimentación diferente a mayor profundidad, pues no siempre se contaba con la facilidad de encontrar roca en el lecho del río en un primer sondeo. Lo frecuente será el uso de zampeado o cimentación con encadenado de madera y macizo de mampostería, término y práctica que ya propone Lastanosa, y que se encuentra en las fuentes riojanas sobre arquitectura desde 1534.[20]

Las propuestas en relación a la profundidad a la que se debía iniciar esta cimentación varían en los ejemplos riojanos, pero oscilan entre los cuatro y los diez pies, es decir, entre 1 y 3 m aproximadamente.[21] En 1588 se proponen seis pies (1,68 m) para los cimientos del puente de Cuzcurrita; en 1629, los que realizaría la villa de Murillo tendrían cinco pies (1,40 m), mientras que en las condiciones del puente de Anguciana, en 1674, se determinan los diez pies (2,8 m). Esta profundidad no volvemos a documentarla, a excepción del puente de Arnedo del que se dice en el siglo XVIII que había sido fundado a más de 3 m. En otros casos de este siglo se habla de profundidades de cuatro pies (1741, Tirgo), seis pies (1742, Leiva), siete pies (1763, Anguciana), y cinco pies (1772, Leiva; 1778, Torremontalbo) (figura 2). También se modificaron las condiciones en la construcción del puente de Casalarreina, en 1770, para profundizar un pie y medio más de lo previsto en un principio.[22] De hecho, cuando se modifican las condiciones constructivas de los conciertos por el Consejo de Castilla, a través de comisarios como Marcos de Vierna, en el siglo XVIII, las rectificaciones que se proponen se referirán, esencialmente, a la profundidad de los cimientos o zampeado de los mismos, y poco o nada se señalará en relación al diseño general de la fábrica.[23] De tal modo que el arquitecto encargado de la obra debía ser por excelencia un buen conocedor de las incidencias y problemática de la cimentación bajo el agua.

La extensión de la cimentación podía ocupar toda la anchura del cauce, situándose transversal a él, y utilizando una protección mediante una estacada a medio pie de distancia en toda su longitud. Es el caso de las condiciones que fija Marcos de Vierna para el puente sobre el Leza en Agoncillo, en 1765, en las que proponía un zampeado continuo entre todas las cepas «que coja todo el ancho del río de extremo a extremo» y sobresaliente seis pies de la anchura de tajamares y espolones, «abriendo para esto una zanja con quattro pies de profundidad a un nivel por todo el río, en la que ha de entrar dicho zampiado».[24]

En general, aunque no siempre se señale en el contrato, se buscaría la realización del zampeado «según arte» (1741, Tirgo) y «bien empotrado en sus cauces, con sus rompimientos para las estacadas» (1629, Murillo). O lo que sería lo mismo, un «zampeado bien estaqueado» (puente de madera y barda construido en 1721 en Torremontalbo).

El zampeado se llevaba a cabo mediante un encadenado de tablones entrecruzados que se asentaba en el suelo o sobre pilotes, para la firmeza de la cimentación. A este encadenado se le denomina *emparrillado*, término que ya recoje Rejón de Silva en 1788[25] y que Bails cita igual a *marranos.*[26] En las fuentes riojanas el término emparrillado no aparecerá hasta el siglo XIX y con anterioridad se sustituye el nombre por la frase «nivelar con estacadas y maderas» (1588, Cuzcurrita), establecer un «orden de cajones» (1778, Torremontalbo») o contextos semejantes. También documentamos el término *armazón* en el puente de Anguciana en 1674 y el de *enrejado* con

Disposición de maderos del emparrillado de puentes en La Rioja

cordones	travesaños	localidad	río	año
cada pie y cuarto	cada 6 ó 7 dedos	Murillo	Leza	1629
cada 2 pies	cada 2 pies	Arnedo	Cidacos	1658
cada 3 pies	cada 3 pies	Arnedo (arco)	Cidacos	1681
cada 3 pies y cuarto	cada 6 pies	Arnedo (manguardia)	Cidacos	1681
cada 4 pies	cada 3 pies	Arnedo (cepa)	Cidacos	1681
cada 4 pies	cada 2 pies y medio	Arnedo (arco)	Cidacos	1681
cada 4 pies	cada 4 pies	Tirgo Agoncillo Leiva	Tirón Leza Tirón	1741 1763 1772
cada 5 pies	cada 5 pies	Agoncillo	Leza	1765

Figura 3
Medidas de la disposición de los maderos del emparrillado en los contratos de construcción de puentes en La Rioja

maderas en el zampeado del puente de Agoncillo en 1765. Así mismo, en las obras del puente de Leiva en 1768 encontramos el término *caballete* y el sinónimo que cita Bails: «asentar el cavallette y marranas, y esttaquarlas».[27]

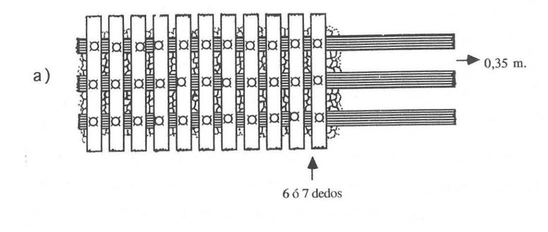
Este entramado de madera o emparrillado se disponía con una anchura mayor al macizo de las pilas, lo que se conoce en las condiciones como «saliente». Desde el siglo XVII constatamos la determinación de las medidas de este saliente. Así, en las obras del puente de Arnedo, el zampeado de un arco en 1658 se especifica que debía de tener una vara (0,84 m aprox.), mientras que en el de una manguardia, en 1681, sólo sería de un pie (0,28 m), con una anchura total de diez pies (2,8 m). En el siglo XVIII, los datos de estas medidas también son variables. En los zampeados del puente de Agoncillo en las condiciones de 1763 se especifica un saliente de dos pies (unos 0,56 m), distancia que se amplía en las de 1768 con una «salida de seis pies afuera del vibo de los tajamares, y lo mismo de los estribos avajo» (1,68 m), lo que parece significar un importante refuerzo de la cimentación.[28] Esta medida la encontramos ya en el siglo XVI en las importantes reparaciones efectuadas en el puente de Piedra de Logroño, proyectadas por Rodrigo de la Cantera, Juan de Olate y Juan Pérez de Obieta, en 1587,

> … Visto el peligro del puente, se recalzará y reparará el pilar que se encuentra reparado con madera, abriendo y apartando la piedra monda y perdida que está arrimada a él, para que se pueda hacer un arca de madera en contorno del pilar, para apartar agua y piedra molida que tiene debajo, y volcarle el cimiento firme para que se pueda volver a reedificar, y la dicha arca se hará apartada del dicho pilar y tajamar y estribo seis pies porque se pueda tornar mejor a reedificar, y saldrá fuera de la guella y zapata que se muestra en el alzado y perfil de esta planta, que conviene que se haga así para que sea fuerte y perpetuo …[29]

El grosor de los maderos que formarían el emparrillado se especifica en las noticias del siglo XVIII. En 1763 (Agoncillo) se propone una anchura de «tercia y cuarta de grueso».[30] Si en 1772 se determina que los maderos sean de «tercio de grueso y tercio de ancho» (Leiva), en 1778 encontramos un grosor de pie y cuarto (Torremontalbo). Años antes, en 1765 (Agoncillo) se solicita un grosor mayor: un pie y medio por un pie y cuarto (42 x 35 cm). Por tanto, estos maderos vendrían a tener un grueso entre 42 y 28 cm, lo que parece adecuado a las medidas establecidas en manuales del siglo XX.

La unión entre los maderos se define en los siglos XVI y XVII en La Rioja con el verbo *abotonar*. Así, en 1588, en Cuzcurrita la nivelación de los cimientos se haría con «estacadas y maderas abotonadas por los medios de los pilares y los tercios, a lo largo y ancho», es decir, cruzadas y ajustadas en la mitad y en los dos tercios de las pilas, tanto en su longitud como en su anchura. De igual modo, en las condiciones del zampeado del puente de Arnedo en 1658 se dice que las maderas sean «de cuerpo para abotonar mejor». El sistema de la unión se especifica en el siglo XVIII en las condiciones del puente de Torremontalbo de 1778: los maderos se asentarían con clavos de longitud igual al grueso de la madera. El entramado de los maderos formaba «cajas» (1658, Arnedo; 1680, Anguciana; 1780, Logroño), «cuadros» (1765, Anguciana; 1772, Leiva) o «cajones», (1778, Torremontalbo).

También especifican las fuentes las medidas que se debían observar en la colocación de los maderos longitudinales (carreras) y los transversales (riostras). Para los primeros se utiliza en La Rioja el término «cordón» (1681, Arnedo; Anguciana, 1794) y para los segundos «travesaño» (1681, Arnedo; 1756, Nájera; «travesaños dormientes», 1780, San Vicente de la Sonsierra). A veces, se habla de estos últimos como «tránsitos». La distancia entre cordones y travesaños, según el habla de las fuentes, viene a ser con frecuencia de cuatro pies (1,12 m aprox.), configurando cajones cuadrados. Sin embargo, se constata una disminución de la distancia en las obras documentadas de la primera mitad del siglo XVII. Así, el emparrillado de las cepas que se contratan en Murillo en 1629, dispondría los cordones con una separación sólo de un pie y cuarto (unos 0,35 m) y los travesaños, cada seis o siete dedos (figura 4 a). En las obras del puente de Arnedo de 1658, se establece una distancia de dos pies máximo (0,56 cm): «hueco entre las maderas de dos pies de claro en cada caja, antes menos que más» (figura 4 b). Si en este ejemplo los cajones serían cuadrados, en el anterior serían rectangulares. Otras excepciones a los cajones de lados iguales, se encuentran en las obras del mismo puente de Arnedo en 1681 para las que dió traza y condiciones Santiago Raón. En el zampeado de una cepa, la distancia entre cordones sería la más



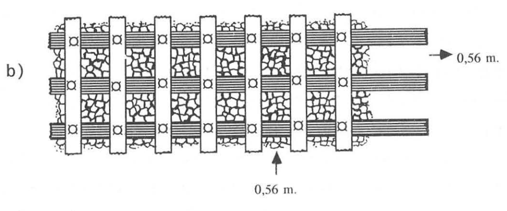


Figura 4
a) Emparrillado del puente de Murillo de Río Leza (1629)
b) Emparrillado del puente de Arnedo sobre el río Cidacos (1658)

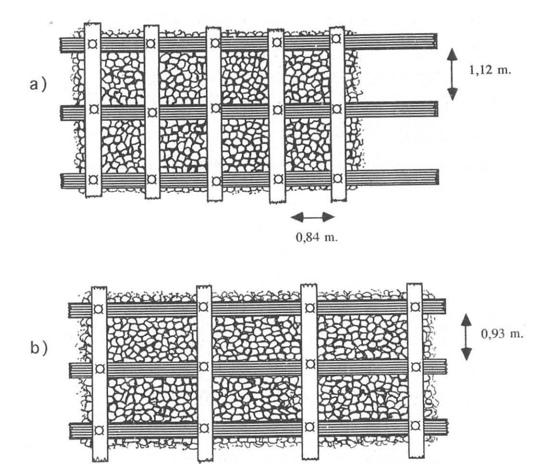


Figura 5
Emparrillados, según las condiciones constructivas de Santiago Raón para el puente de Arnedo sobre el río Cidacos (1681): a) cepa, b) manguardia

habitual de cuatro pies (1,12 m) pero los maderos transversales se pondrían cada tres pies (0,84 m) (figura 5 a). En el de una manguardia, los cordones se distanciarían entre sí tres pies y cuarto (unos 0,93 m), mientras que los travesaños se situarían cada seis pies (1,68 m) (figura 5 b). Sin embargo, en la cimentación de dos arcos, las condiciones varían de uno a otro: uno con zampeado de cajones cuadrados por disponerse cordones y travesaños a la misma distancia de tres pies, siendo los cordones un total de ocho (figura 6 a); y otro, con cordones cada cuatro pies y travesaños cada dos pies y medio (unos 0,70 m) (figura 6 b). En el siglo XVIII, según los datos conocidos, las distancias entre ambos tipos de vigas será la misma, constituyendo cajones de cuatro pies de lado (1,12 m); así en el zampeado de los puentes de Tirgo (1741), Agoncillo (1763) y Leiva (1772) (figura 7 a), con la excepción del emparrillado del puente de Agoncillo, con cajones de cinco pies de lado (1,40 m aprox.), rectificación de Marcos de Vierna en 1765 a las condiciones firmadas doa años antes por Diego de la Riva (figura 7 b). En la traza que se presentó en 1741 para la ejecución del puente Nuevo sobre el Tirón en Tirgo, se puede ver un pequeño croquis de un zampeado de cuatro cordones con cinco maderos transversales, que se reforzaría a partir del centro de la cepa y hacia la nariz del tajamar, con otros maderos diagonales, estableciéndose en la punta cajones triangulares (figura 8).

Al emparrillado quedarían fijadas las cabezas de las estacas o pilotes que se hincarían en la profundidad del lecho del río. En ocasiones, este pilotaje sólo

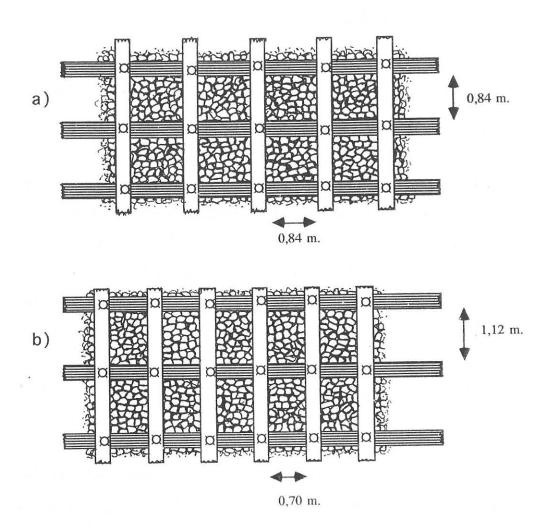


Figura 6
Emparrillado de diferentes arcos, según las condiciones constructivas de Santiago Raón para el puente de Arnedo sobre el río Cidacos (1681)

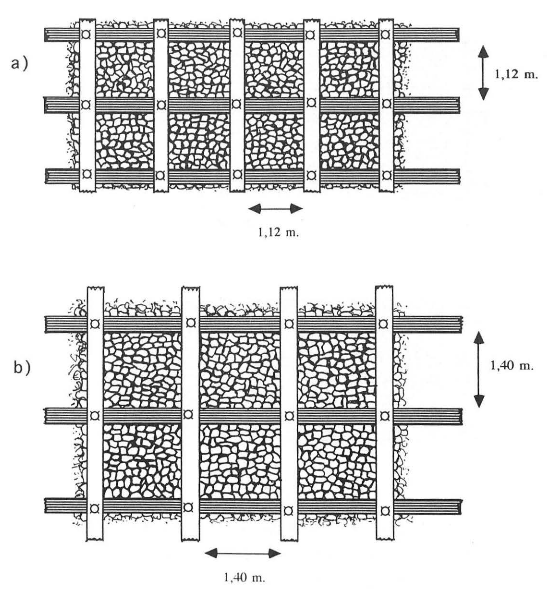


Figura 7
a) Emparrillado, según las condiciones constructivas de Francisco Alejo de Aranguren para los puentes de Tirgo (1741) y Leiva (1772) sobre el río Tirón y de Diego de la Riva para el puente de Agoncillo sobre el río Leza (1763)
b) Emparrillado del puente de Agoncillo sobre el río Leza, según la rectificación de Marcos de Vierna (1765) de las condiciones de Diego de la Riva

se llevaría a cabo en el zampeado bajo el macizo de las pilas. Así, en 1772 Marcos de Vierna añadió al proyecto para el puente de Leiva, la condición de que bajo la cepa central se realizase un «zampeado sobre cajones con 5 pilotes».[31] Lo habitual debió de ser la disposición del pilotaje a marco real, es decir, siguiendo líneas paralelas, y no al tresbolillo. Para encajar las estacas al emparrillado se efectuaban unos «rompimientos» (1629, Murillo) o «alambraduras» (1763 y 1765, Agoncillo), o bien «agujeros cuadrados» (1681, Arnedo). También parece ser más frecuente el uso de estacas de sección cuadrada o rectangular que el de pilotes de sección circular.

La longitud de las estacas queda establecida en los siglos XVI y XVIII, entre seis y ocho pies, o sea, de 1,70 m a 2,25 m aproximadamente. Así, en el acuerdo firmado en 1571 entre la villa de Haro y la de Berganzo para que ésta no pagase el pontazgo, se comprometía a dejar a pie de obra doscientas estacas de seis a siete pies. Las que se utilizarían en el puente de Arnedo en 1658, serían de haya verde y de dos varas de largo (seis pies) o de ocho pies. En el siglo XVIII, las del zampeado del puente de Agoncillo en 1763, tendrían seis pies, y las del proyecto de Miguel Gómez para la estacada del puente del Tirón en Haro, debían alcanzar los ocho pies. También se habla en las condiciones de forma más genérica: «estaca maestra de un largo» (1629, Murillo), «de suficiente marca» (1741, Tirgo) o «con el largo necesario» (1765, Agoncillo). Esta longitud aumentará significativamente en los proyectos de puentes del siglo XIX. Por ejemplo, en el propuesto por Domingo Aguirre para las obras del puente de San Vicente de la Sonsierra en 1842 se especifica la anchura de un pie y un largo de diez a doce pies para las estacas (entre 2,8 y 3,4 m).[32] Para el grosor de las estacas se establece en las condiciones «el mayor que se pudiera» (1658, Arnedo), aunque a veces se determina que sean de medio pie (1674, Anguciana) o cuadradas de un pie de lado (1765, Agoncillo), es decir, entre 14 o 28 cm (fig. 9).

Las estacas llevarían refuerzos de hierro en las ca-

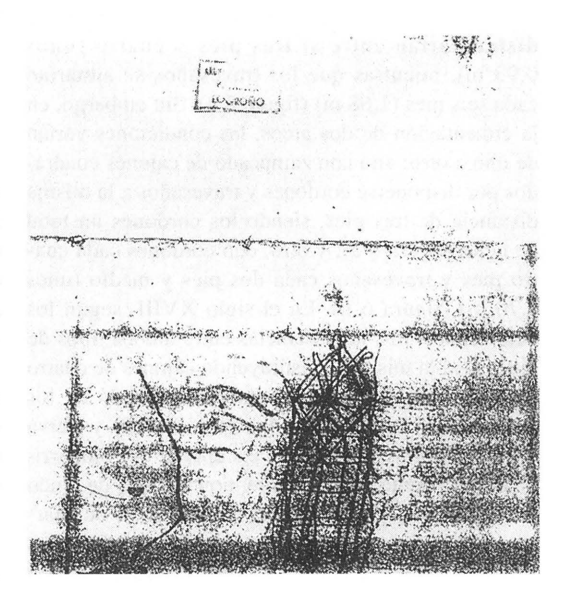


Figura 8
Croquis del zampeado de una cepa en la traza de 1741 para el puente Nuevo de Tirgo sobre el río Tirón (A.H.P.LO.: Leiva. Pedro Antonio del Pozo y Valle, 1741, leg. 8441, s.f.)

bezas y puntas, conocidos en éstas como azuches y recomendados por todos los tratadistas. Este término no aparece en la documentación riojana, en la que se habla de «punta de hierro» y de «sello» o «aro de hierro» en las cabezas. En la obra del puente de Anguciana, en 1674, se utilizaría un mismo sello para todas las estacas. En Agoncillo, en 1763, se menciona el uso de una barra con punta de «acero», del mismo largo de las estacas, utilizada para abrir el cascajo, de modo que no se rompiese en el momento de hincarlas, y en las adiciones que presentó Marcos de Vierna dos años después, se especifica que en las estacas se pondría su «punta de hierro, según arte». En el proyecto de Miguel Gómez para las nuevas estacadas en el cauce del río Tirón en Haro, en 1777, se habla de «estaca con punta de yerro acerada y su vijol de yerro en la caveza».

El número de estacas a hincar se señalarán en las condiciones, determinando la distancia a la que deberían unirse al emparrillado. En los zampeados de Murillo de 1629 esta distancia no sería mayor a un pie y cuarto, lo que suponía unos seis o siete dedos de cuadrado, mientras que en el propuesto para el puente de Arnedo en 1681, esta unión se realizaría cada tres pies (84 cm). El número de estacas parece disminuir en los ejemplos del siglo XVIII, pues las distancias son de cuatro pies (1,12 m) en 1741 (Tirgo) y 1763 (Agoncillo). Sin embargo, en el planteamiento del zampeado del puente de Agoncillo de 1765 se hablará de cajones cuadrados de cinco pies en los que se dispondrían de «claro a claro» dos estacas, un total de ocho por cajón, según la escritura, lo que significa una distancia menor. Esta condición fue propuesta por el comisario Marcos de Vierna y se observa por su parte un deseo de reforzar el asiento de la cimentación, pues también propondrá «pilotear» con estacas de sección circular en la zona bajo los machones o cepas. Así, estos pilotes redondos serían de un pie y cuarto de diámetro y veinte pies de longitud (unos 0,35 × 5,6 m). Especifica que si con esta medida no se llegase al firme, deberían buscarse maderos más largos y, si lo eran demasiado, se cortarían con una sierra; de igual modo, detallará el sistema de hincado de pilotes,

> ...que las basas de lo que ocuparen los cittados machones, se han de pilotear con estacas redondas que tengan un pie y quarto de diámettro con el largo de veinte pies, metiéndolas al golpe de maza arttificial que pese quarentta arrobas, poniendo anttes en cada estaca una puntta de fierro correspondientte, que necesittará a lo menos el peso de una arroba cada una, y en las cavezas de las estacas un aro de fierro para que no se desgarren a los golpes de la maza, con la que se ha de dar hasta que dicha maza reuse el golpe, y de este modo, se entrarán quanttas estacas coja en toda la vasa de cada machón, entrando lo primero quatro en cada cajón del zampeado por sus ángulos, y otra en el medio que las aprietta todas, y si se conociere que las estacas de veinte pies de largo no alcanzaren a lo firme, se pondrán unas más largas, y, al conttrario, la que no se pudiere entrar más que diez, o doce, pies, o menos, reusando el golpe la maza, se corttará en este estado con una sierra, así se hará en todas, dejando enrrasadas las cavezas de quadrado con el mismo zampiado...[33]

Por tanto, el hincado de pilotes circulares reforzaría el zampeado de las cepas, hecho que también se observa en los ejemplos del puente de Leiva en 1772 y del proyecto de Aranguren para el de Torremontalbo en 1778. En el primero se pide un grosor mínimo en la cabeza del pilote de un pie, con punta de hierro, de madera sana y verde, en un total de cinco

Medidas de estacas y pilotes del zampeado de puentes en La Rioja

longitud	grosor.	localidad	río	año
6 a 7 pies		Haro	Tirón	1571
6 a 8 pies	el mayor posible	Arnedo	Cidacos	1658
	medio pie lado	Anguciana	Tirón	1674
6 pies		Agoncillo	Leza	1763
	1 pie lado	Agoncillo	Leza	1763
8 pies		Haro	Tirón	1777
20 pies	1 pie y cuarto ø	Agoncillo	Leza	1765
admitida por el terreno	mínimo 1 pie ø	Leiva	Tirón	1772
admitida por el terreno	1 cuarto ø	Torremontalbo	Najerilla	1778

Figura 9
Medidas de estacas y pilotes en los contratos de construcción de puentes en La Rioja

en la cepa central. La longitud sería la admitida por el terreno, al igual que en Torremontalbo. En este caso, se señala que fuesen de haya y de un cuarto de diámetro, clavándolos con maza y si hubiese problemas en el hincado, que llevasen punta de hierro.

De acuerdo a estos datos, los pilotes utilizados en el siglo XVIII, momento en el que se generaliza su uso, mantendrán una longitud variable, en relación al suelo en el que se funda, pero que queda concretada en unos 5,6 m para diámetros comprendidos entre 28 y 35 cm. Perronet en el siglo XVIII propone de 3 a 5 m el largo del pilote con un diámetro de 28 cm. En el ejemplo concreto de la construcción del puente de Neuilly sobre el Sena, fundará Perronet una pila y estribo en 1768, a partir de la construcción de una ataguía de 135 estacas de veintidós a veinticuatro pies de largo y diámetro de nueve a diez pulgadas, dragando el interior hasta una profundidad de nueve pies por debajo de las aguas bajas. Antes de iniciar el zampeado, se señalaba el lugar con jabalcones. En el pilotaje empleó 435 estacas de longitud entre doce y dieciocho pies de largo, y un pie de diámetro (madero sin corteza) con azuches de hierro de veinticinco libras de peso, que se clavaron con martinetes a una profundidad entre ocho y trece pies. Posteriormente se igualaría el pilotaje a seis pies del nivel bajo de las aguas, rellenando los intervalos con mampuesto y mortero de cal y arena (aunque dice que alguno ingenieros preferían asentar la piedra a hueso, así como la primera hilada de sillares sobre la plataforma de carpintería).[34] Por consiguiente, las propuestas del comisario Marcos de Vierna para puentes como el de Agoncillo por los mismos años, no son lejanas a las utilizadas en la ingeniería francesa del momento.

Desde el siglo XVI se hace referencia en las condiciones constructivas al macizo de los cajones del emparrillado, aunque después se especifique cuál ha de ser el correspondiente al relleno entre la sillería de las cepas o el de los tímpanos. La piedra del macizo debería estar bien ajustada y apretada entre sí, pues sobre todo ello se levantarían las plantas de las cepas. Se especifica que se macizaría con «piedra a cacho» (1629, Murillo; 1735, Torremontalbo), «cal y canto» (1637, Arnedo) o mampostería (1671, Haro; «sin jalón» , 1674, Anguciana), o bien «guijarro del río» (1681, Arnedo, y «empedrado»). Para el mejor ajuste de las piedras, a veces se especifica que se dispongan de punta (1658, Arnedo) y que se aprieten a golpe de martillo (1765, Agoncillo; 1772, Leiva). En cuanto a la utilización o no de mortero, ya en 1588 se documenta en La Rioja el macizado con cal viva («y lo necesario», Cuzcurrita). En el siglo XVII, se especifica que el relleno lleve una lechada de cal encima (1681, Arnedo) y en el XVIII, que lleve una «buena lechada» que después se removería con la morisca (1735, Torremontalbo). Parece ser que el mortero de cal y arena se utiliza sólo en proyectos concretos o zonas determinadas. Así, en el del puente de Tirgo (1741) o en el zampeado de un tajamar y dos arcos del puente de Arnedo (1681), mientras que en el resto de la cimentación sólo se condiciona la lechada de cal. En el puente de Agoncillo se precisa que el macizo del pilotaje se haga con piedra fuerte y argamasa de cal y arena de la mejor calidad (1765).

Sobre este macizo de piedra, con o sin argamasa, se iniciaba el levantamiento de las bases de las cepas. Por ello, en algunos contratos de obras se especifica que sobre él se disponga un enlosado de buenas piedras (1671, Haro). En el caso del puente de Arnedo (1681) se precisa que el relleno de cada cajón lleve cuatro piedras de al menos un pie de grueso, aparejadas «a zutta» de martillo. En otros, se habla de un enrasado de la superficie con «rajones» de piedra fuerte, mezclados con argamasa de cal y arena, y ajustados a golpe de martillo (1772, Leiva). Estas condiciones figuran de forma similar en las adiciones de Marcos de Vierna al zampeado propuesto bajo los arcos del puente de Torremontalbo (proyecto de 1778): los cajones se rellenarían con dos o cuatro losas del mismo grosor de las vigas de los zampeados, labradas a escuadra y picón, y enrasarían con la superficie alta de estos.

El zampeado, en general, se realizaba con madera de haya o álamo. Así los cimientos que encontró en 1602 el maestro Odriozola en el puente antiguo de Nájera eran de haya, mientras que en las condiciones para el zampeado del puente de Arnedo en 1658 se especificaba que la madera fuese verde y de haya o álamo. De haya deberían ser los concertados en 1681 para el mismo puente. En el siglo XVIII, en las obras de 1706 del de Torremontalbo se especifica que las estacas fuesen «de haya verde sin descortezar». Si no se especificaba la especie de madera, solía hacerse referencia a su «buena calidad» (1741, puente de Tirgo).

Las fuentes manuscritas proporcionan una información más amplia referida al presupuesto de estos

trabajos de cimentación, precio de los materiales, máquinas utilizadas, salarios y pagos diversos, que pueden rastrearse, no sólo en escrituras de contrato de la obra, sino en las diversas subcontrataciones que generaba, fianzas, informes técnicos, finiquitos, etc., así como en los Libros de Actas Municipales, cuando la financiación corría por cuenta de los concejos.[35] Sin embargo, estos temas abren un capítulo más amplio que no tiene cabida, ni espacio suficiente, en la presente comunicación. Por ello, me limito aquí a la presentación de los datos constructivos que aporta el estudio histórico, considerando lo interesante que puede ser un análisis y cuantificación, por parte de quien corresponda, de las variables técnicas expuestas.

NOTAS

1. Un caso significativo fue el puente de Torremontalbo sobre el Najerilla, vado del que registramos hasta seis emplazamientos diferentes desde mediados del siglo XVII, de puentes de piedra y de madera, con anterioridad a su construcción entre 1790 y 1794, por Manuel de Echanove, a expensas de la Real Sociedad de la Rioja Castellana en tiempos de Carlos IV, formando parte del trazado de la carretera que uniría Logroño con Santander y de los planes de expansión comercial de los cosecheros de vino riojano. Situado en las inmediaciones de la Casa-Torre del conde de Hervías, éste se opuso a las reformas y nuevas construcciones en 1703, 1746 y 1756, por lo que el Consejo concedió licencia de obras, con advertencia expresa de que lo hiciesen «en el sitio más conveniente, y en que menos perjuicio se causase al soto del conde de Hervías» (A.H.P. de La Rioja: Logroño. Antonio Gómez Samaniego, 1778, leg. 1096, fols. 5 r. - 6 v.). En Leiva, localidad en la que también el vado sobre el río Tirón se mantuvo durante mucho tiempo de madera, recibió licencia para la construcción de un nuevo puente de piedra en 1772 y, tras ser rechazado un proyecto, el Consejo solicitó que otro maestro acreditado reconociese de nuevo el sitio y levantase un plan topográfico con el álveo del río y el perfil de los terrenos (A.H.P. de La Rioja : Logroño. Antonio Gómez Samaniego, 1773, leg. 1093, fols. 19 r. - 29 r. (la documentación referida al puente aparece cosida en el protocolo del año 1763).
2. «...que por aquel tiempo dexasse el Río oja su antigua madre, y echasse por la parte referida no ay que admirarlo... pues lo ha hecho en los tiempos presentes muchas vezes, y en ellos se han descubierto, como lo están oy las cepas de cal, y canto... y han sido necesarios muchos reparos para remediar este daño, con paredes muy largas...» (González de Texada, Joseph: *Historia de Santo Domingo de la Calzada, Abraham de la Rioja, Patrón del Obispado de Calahorra y la Calzada, y noticia de la fundación y monumentos de la Santa Iglesia Cathedral y ciudad nobilisisma de su nombre, sus hijos*. Madrid, 1702 (Reed. facsímil, Logroño, Comunidad Autónoma de La Rioja, 1985). Lib. I, cap. XI, pp. 212).
3. A.H.P. de La Rioja: Haro. Matías Martínez de Morentín, 1777, leg. 4254, fols. 94 r. - 97 r.; contiene un plano (documento reseñado en Cañas Martínez, Y.: «Las artes en Haro durante el siglo XVIII según las fuentes documentales». *Berceo*, n.º 112-113 (Logroño, 1987); pp. 33-91; doc. 118).
4. San Nicolas, Fray Lorenzo de: *Arte y uso de Arquitectura*. (Primera Parte, 1.ª ed. de Juan Sánchez, 1633; Segunda Parte, ed. 1664/1665). 4.ª ed., 2 t., Madrid, Plácido Barco López, 1796, (edición facsímil, Zaragoza, Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón, 1989; T.I Primera Parte, cap. LXI, «Trata del sitio conveniente para las Puentes, y de su fábrica»; p. 170 (ver también p.169). Señala el uso del término García Salinero, F.: *Léxico de Alarifes de los Siglos de Oro*. Madrid, Real Academia Española, 1968. Menos claro es el autor conocido como Pseudo Juanelo Turriano, identificado por Nicolás García Tapia, con Pedro Juan de Lastanosa. En su manuscrito de *Los veintiún Libros de los ingenios y las máquinas*, que debió escribir entre 1564 y 1575, en el Libro 15 en el que habla de los puentes de madera, comenta que lo primero que hay que hacer para cimentar es establecer una «catarata» o «encaxonado» que los franceses llaman «bastardel», lo que lleva a cierta confusión entre *le batardeau*, ataguía o estacada y el emparrillado o encadenado de cajones del zampeado. En su Libro 18 dedicado a la construcción de pilas en los puentes de piedra, propone una anchura para las estacas de cinco palmos y una longitud mayor a la profundidad del agua (Pseudo-Juanelo Turriano: *Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas*. Prólogo de J. Antonio García — Diego. Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y ed. Turner, 1983; 2 vols., Lib. 15, pág. 421y ss. y 486 y ss). Para el análisis de este autor y de otros tratados de interés para las obras hidráulicas en el Renacimiento, ver García Tapia, N.: *Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII*. Salamanca, Junta de Castilla y León. Consejería de Cultura y Bienestar Social, 1989; cap. II. 1, pp. 29-40; *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento Español*. Valladolid, Secretariado de Publicaciones. Universidad de Valladolid, 1990; o su estudio más reciente «Fuentes literarias de la Antigüedad Clásica en «Los veintiún libros de los ingenios?», con especial referencia a los «Libros de Arquitectura» de Alberti» en *Actas del*

X Congreso del C.E.H.A., Madrid, UNED, 1994; pp. 459-465).

5. Corella Suárez, P.: «Puentes sobre el arroyo Abroñigal». *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*, t.XXXIV (1994); pp.19-40, doc. 1.
6. A.H.P. de La Rioja: Logroño. Antonio Gómez Samaniego, 1778, leg. 1096, fols. 21 v. y 22 r.
7. Voz riojana: «cada uno de los renuevos del olivo» en Goicoechea, C.: *Vocabulario riojano*. Madrid, Real Academia Española, 1961.
8. A.H.P. de La Rioja: 562 «O.P.», Puente de Logroño y otros asuntos. 1844-1849 (contiene los informes emitidos en el siglo XVIII por Francisco Alejo de Aranguren, Diego Ochoa, Junta de la Academia de San Fernando y Valerio Ascorbebeitia).
9. Una excepción se encuentra en el contrato que firmó en 1743 Juan de Salaya, para obras de reedificación en el puente de Briñas sobre el Ebro en Haro, en las que el maestro sería el encargado de «quitar el agua» (A.H.P. de La Rioja: Haro. Manuel Romo Díaz, 1743, leg. 4.034, fols. 37 r. - 38 v.).
10. Ver fuentes documentales de la ataguía y sus problemas técnicos, así como otras cuestiones constructivas del proceso de fundación de un puente, con abundantes dibujos explicativos, en «Mesqui, J.: *Le pont en France avant le temps des ingénieurs*. Paris, Picard, 1986. Segunda parte, cap. 3: «La construction du pont. Lutter contre l'eau»; pp. 240-246.
11. A.H.P. de La Rioja: Haro. Simón López Cadiñanos, 1780, leg. 4172, fols. 50 r. - 51 v.
12. *Ibídem*, fol. 50 v.
13. Idem.
14. Azkarate, A. y Palacios, V.: *Arquitectura hidráulica en el Valle de Cuartango — Alava*. Vitoria, Diputación Foral de Alava, 1994; doc. 10, p. 263.
15. *Ibídem*, doc. 14, p. 267.
16. A.H.P. de La Rioja: Cenicero. José de Santayana Caballero, 1735, leg. 8923/3, fols. 89 v. - 93 v.
17. A.H.P. de La Rioja: Logroño. Antonio Gómez Samaniego, 1746-1779, leg. 1096, fols. 12 v. - 13 r.
18. A.H.P. de La Rioja: 562 «0.P.», Puente de Logroño y otros asuntos. 1844-1849.
19. A.H.P. de La Rioja: Haro. Simón López Cadiñanos, 1780, leg. 4172, fols.50 r. - 51 v.
20. Moya Valgañón, J.G.: *Arquitectura religiosa del siglo XVI en La Rioja Alta*. Logroño, Instituto de Estudios Riojanos, 1980; 2 vols.; docs. 54, 360 y 362
21. Esta variabilidad en las propuestas sobre la profundidad se observa también en otras regiones. En el proyecto de 1619 de Gaspar Ordóñez para el puente sobre el arroyo Abroñigal en Madrid se proponen cinco pies, mientras que en el de José de Villareal de 1650 para el mismo puente se recomiendan los seis u ocho pies (Corella Suárez, P.: «Puentes sobre el arroyo Abroñigal..., op. cit. pp. 20 y 34). En la visita de 1689 a las obras del puente de Viveros en Madrid, José del Olmo propondrá a los maestros un zampeado a la profundidad de cuatro pies para mayor seguridad de la nueva cepa, ya que la antigua no bajaba más de dos pies (Corella Suárez, P.: «Puente de Viveros: formas, economía, sociedad entre los siglos XIV al XVII». *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*, Tomo XXXI (1992); pp. 172-173).
22. Para evitar en lo posible el número de citas cuando menciono datos referidos a puentes situados en La Rioja, remito desde ahora al *Catálogo Histórico-Artístico de puentes en La Rioja (Edad Media - siglo XVIII)*, Plan de Investigación del Departamento de Arte del Instituto de Estudios Riojanos, 1986-1994, dirigido por los Dres. Arrúe Ugarte y Moya Valgañón; cap. V, «Historia Documental de Puentes en La Rioja».
23. En la revisión del proyecto de Aranguren para el puente de Leiva (1772) por parte de Marcos de Vierna, este comisario afirma que, aunque el planteamiento del álveo del río y reconocimiento de canteras era correcto, «son pocos los artífices exercitados en esta clase de obras y que algunos proponen de oydas sin haverse allado en estas faenas», y propone una cimentación diferente (ver nota 1).
24. Si especifica estos datos es debido a que en el proyecto anterior de Diego de la Riva encontraba un problema que podía hacer peligrar la obra, ya que las cepas cercanas a las márgenes se cimentarían sobre roca, mientras que otras siete que se situarían en el centro del río, había que fundarlas en el cascajo sobre zampeado de estacas. Este tipo de cimentación, en opinión del comisario, podía acarrear «alguna quiebra por la desigualdad de las planttas, mirando a que las de los extremos cargan en peña viba, y la de dentro del río sobre cascajo y tierra, que con el peso de las obras se cederá en algo, o en mucho, de que resultará la desunión de los arcos» (A.H.D.LO.: Agoncillo. Caja 7. fols 5 v.- 11 r. (Documentación aportada, y que agradezco, a M.ª Jesús Escuín Guinea).
25. Rejón de Silva, D. A.: *Diccionario de las nobles artes para instrucción de los aficionados, y uso de los profesores*. Segovia, Impr. de D. Antonio de Espinosa, 1788. Reimpresión, Murcia, 1985.
26. Bails, B.: *Diccionario de Arquitectura Civil*. Obra póstuma de Don Benito Bails..., Madrid, Imprenta de la Viuda de D. Joaquín Ibarra, 1802 (edición facsímil, Zaragoza, Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón, 1991).
27. Muy interesantes son las condiciones constructivas de Gaspar Ordóñez y Juan Díaz en 1618, referidas a la ejecución de una presa en la reparación del puente de Viveros en Madrid, «en faldón» «en forma de caballete». En 1627 Juan de Aguilar informará sobre los *encadenados* de este puente (Corella Suárez, P.: «Puente de Viveros..., op. cit. p. 181).

28. En el proyecto de Domingo Tomás de 1789 para el puente sobre el río de Vélez (Vélez-Málaga) se propone un refuerzo de estacas en la cimentación de la cepa que sobresaliese ocho pies del macizo de la misma (Camacho Martínez, R.: «Dos proyectos de puentes para Vélez-Málaga en el s. XVIII». *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada.* N.º XXIII, 1992, pp. 350).
29. A.M.LO.: I.D.A., leg. 10/24 (cuadernillo sin foliar).
30. El término «tercia» lo recoge Bails y define como el madero «que tiene un pie de ancho, y una quarta ó doce dedos de grueso, sin largo determinado».
31. A.H.P. de La Rioja: Logroño. Antonio Gómez Samaniego, 1773, leg. 1093, fols. 19 r. - 29 r. (la documentación referida al puente aparece cosida en el protocolo del año 1763).
32. A.C.O.P.LO.: *Proyecto de carretera de 3.er orden de Briones a Peñacerrada por San Vicente. Modificación de la sección comprendida entre Briones y San Vicente. Ingeniero, Cesáreo Moroy. 1872.* Caja 36, carpeta 1º: en «*Condiciones facultativas, económicas y adicionales bajo las cuales el Ayuntamiento Constitucional de esta villa de San Vicente de la Sonsierra ha sacado a público remate las obras necesarias a la recomposición del puente de piedra que existe arruinado sobre el río Ebro*».
33. A.H.D.LO.: Agoncillo. Caja 7 (fols. 1 r. - 16 v.)
34. Perronet, J.R.: *Construire des ponts au XVIIIº siecle. L´oeuvre de J. R. Perronet.* Paris, Presses de L´Ecole National des Ponts et Chaussées, 1987. (Reimpresión de la edición de Didot en Paris, 1788); pp. 34-45. Perronet incluye una tabla sobre las características del pilotaje de la fundación de la primera pila en la que especifíca los datos de las jornadas y pilotes fundados al día, su loñgitud y diámetro, el peso de la maza para ser hincados, la medida profudizada y el número de mano de obra empleada en la construcción (*Ibídem,* pp. 43-45).
35. Por ejemplo, en el zampeado de una cepa del puente de Leiva en 1743 se gastaron 136 reales en chopos; 40 reales en clavos; 33 reales en 60 estacas; 22 reales en las personas que trabajaron; 100 reales por la conducción de 59 fanegas de cal en terrón y 84 en polvo y 51 reales por el acarreo de madera. También se gastaron 10 reales en pólvora para romper una peña en el puente y se dieron 70 reales a un maestro que fue a reconocer la fábrica de la cepa de acuerdo a las condiciones contratadas (A.H.P. de La Rioja: Leiva. Libro de cuentas (1730-1759), 5/1/M/L, s.f.). Esta misma fuente nos informa de un precio de 45 reales para un álamo y de 40 reales para un olmo a mediados del siglo XVIII , constando seis reales la tala de cada pieza en 1772. A finales de siglo, Jovellanos, a la vista de las obras del puente de Casalarreina en 1795, comentará que el tronco de chopo podía costar de 120 a 150 reales, lo cual supone un aumento considerable del precio en el escaso medio siglo de diferencia (Jovellanos, G.M. de: *Obras III.* Diario Sexto (1795-1796). Itinerarios X al XII. Madrid, B.A.E., 1956, t.LXXXV; pág. 268).

La transformación de las edificaciones del XIX de arquitecturas singulares a modelos en las áreas rurales de la provincia de Cáceres

M.ª Ángeles Ávila Macías

Extremadura cuenta entre su Patrimonio Arquitectónico, tanto en el ámbito urbano como rural, con importantes inmuebles de carácter civil, religioso y militar, ligados a unos grupos de poder que trataron en su momento de manifestar su condición de privilegio a través de edificaciones singulares (podemos ver ejemplos muy claros en Cáceres, Plasencia o Trujillo). Más junto a ellos, pero con un carácter autónomo, se desarrollaron otros tipos de arquitecturas que, englobadas bajo en nombre genérico de *populares*, se definieron como la síntesis en la que se veían reflejados el medio físico, el substrato socioeconómico y las tradiciones culturales, de ahí su desvinculación de corrientes y modas (pues no mostraban deseos estéticos y sí un fuerte arraigo por las tradiciones).

Hasta nuestro siglo, apenas ha habido permeabilidad en las formas de entender la arquitectura (culta/popular), lo que no quiere decir que no se puedan rastrear algunos elementos arquitectónicos de cierta entidad en viviendas de índole popular, tales como la presencia de ventanas abocinadas o geminadas de origen gótico en planta baja o saeteras (caso de Garrovillas de Alconétar, Casar de Cáceres o Zarza la Mayor), o el uso de ménsulas de granito para sustentar los balcones (como en La Garganta o Casas del Monte) o la presencia de vanos de entrada con arcos pétreos de medio punto, apuntados o conopiales (en Cañamero, Berzocana o Guadalupe).

Si dejamos a un lado las obras inscritas en el ámbito urbano, quizás más estudiadas porque tienen mayor relevancia o por la escasez de núcleos que hay de estas características, y nos adentramos en el mundo rural, nos damos cuenta de como hemos limitado las investigaciones a aquellas edificaciones que resultan más singulares (iglesias, castillos, conventos, casas nobiliarias de los siglos XV y XVI, monasterios, etc.) y nos hemos dejado un tanto abandonadas obras de cierto empaque, pertenecientes en su mayoría a finales del XIX y principios del XX, que destacan de entre las viviendas populares como si fuesen pequeñas islas. Estas obras no van a ser el objeto directo de nuestro estudio, pero sí van a tener gran transcendencia en él pues en ellas se recogen los elementos que más tarde serán copiados y adaptados en las formas tradicionales, siempre con grandes limitaciones.

Cambios en las estructuras socioeconómicas y su reflejo en la vivienda

Y es que no podemos olvidar que durante el siglo XIX se llevó a cabo un importante cambio en la estructura socioeconómica de la región al plantearse la Reforma Agraria Liberal. Ésta supuso, de un lado, una *transformación radical en el sistema de propiedad*, con la disolución del régimen señorial y la desamortización de bienes eclesiásticos y civiles, y, del otro, una *movilidad de la propiedad* que propició la llegada de una notable oligarquía de financieros madrileños[1] (los cuales se vinieron a sumar a la aristo-

cracia terrateniente que ya existía y que veían en la tierra una forma de invertir beneficios y a la vez de lograr mayor prestigio social).

Esta clase social, ávida de ser reconocida y a la vez diferenciada de las familias tradicionales, inició la edificación de sus viviendas deacuerdo con las últimas tendencias que se marcaban desde la capital. No se puede olvidar que la casa era y sigue siendo el signo externo por el que juzgamos, de ahí que no se escatimasen esfuerzos y dinero. Los modelos que hemos localizado han sido muy variados, y sin embargo en todos ellos se reconocen idénticos rasgos:[2] *organización de las fachadas* siguiendo ejes verticales y horizontales marcados por molduras y cornisas, además de un *cambio en el uso que se hace de los elementos arquitectónicos* (las ventanas dejaron de ser únicamente puntos de ventilación, y pasaron a ser miradores desde los cuales se controlaba el tránsito de las calle; las puertas se estrecharon y dispusieron en el centro de la fachada, como ejes articuladores y puntos centrales; los balcones dejaron de tener un valor funcional y se acercaron más al decorativo, como forma de distribuir los huecos en altura en los paramentos principales); *modificaciones en la concepción del espacio interno*, con nuevas depedencias (despachos, baños, salones además de comedores, etc.) y un reajuste de las ya existentes en un intento por graduar los ambientes desde el más público de la entrada y aledaños (conformado por el comedor y el despacho) al íntimo y privado del interior (con las alcobas, cocinas y baños, además del patio); incremento en el número de vanos como consecuencia de un cambio en la concepción de la casa, para lo cual fue preciso dar mayor ventilación y luminosidad a los interiores; *ubicación de estas viviendas en los espacios centrales* cerca de la iglesia o de la plaza, ocupando toda una manzana o gran parte de ella y con un área sin edificar a su alrededor para que incrementase aún más su gran magnificencia (figura 1).

Pero a finales del XIX y primeras décadas del XX tambien se levantaron nuevas viviendas que, aunque compartían esos rasgos de modernidad con las anteriores, diferían en otros: en primer lugar, los moradores no pertenecían a esa oligarquía de financieros sino a otro grupo que englobamos como burguesía local (con un poder adquisitivo menor y muy ligada a las actividades comerciales) lo cual repercutió en una concepción menos ostentosa de la vivienda pero no por ello arcaica o falta de recursos; en segundo lugar,

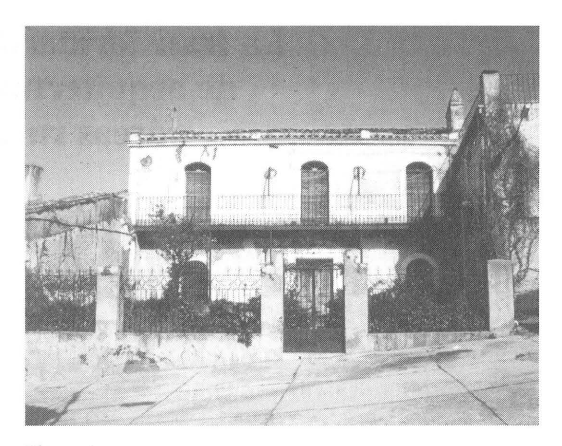


Figura 1
Vivienda de familia acomodada, levantada en 1908 (Retamosa, Cáceres)

la casa entendida como armazón, se diseñó de modo unitario pero el interior no se concibió de modo global sino compartimentado, dotando a cada piso de independencia con respecto al otro; en tercer lugar, aunque no en todos los casos, la planta baja se dedicó a uso comercial de ahí que necesitase una entrada propia desde el exterior y a la vez otra que la comunicase con la planta superior desde el interior, lo que condicionó la distribución interna; en cuarto lugar, las casas se localizaron en las zonas de ensanche de los municipios, alejadas de esas áreas de prestigio antes señaladas (aledaños de la iglesia o en la plaza, lo que resulta lógico si pensamos que era allí donde el suelo resultaba más barato y ello permitía dar una visión renovada a través de los nuevos edificios); en quinto lugar, nunca se trataron de obras originales, sino de la adaptación de las líneas maestras de otras más señeras por parte de los alarifes locales y siguiendo directrices de los propietarios (figura 2).

Todas estas nuevas edificaciones introdujeron en el ámbito rural una nueva forma de concebir la casa, más alejada del mundo agrario en el que estaba inmersa y más cercana a la órbita urbana. Conceptos como los de comodidad, confortabilidad, bienestar, ventilación y claridad se iban superponiendo a los ya tradicionales de funcionalidad, rusticidad, hermetismo, inalterabilidad,[3] etc. Resulta fácil ahora ver viviendas de carácter popular en las que se han incorporado balcones exentos con ricas barandas decoradas con temas geométricos y vegales y apoya-



Figura 2
Vivienda de clase media, levantada a principios de siglo (Cañamero, Cáceres)

das sobre bases de dos o tres molduras simples de formas cóncavas y convexas, o la sustitución del remate en alero de los tejado sobre la fachada por antepechos un tanto reducidos en tamaño, o la decoración de las fachadas con ricos esgrafiados que simulan los cortes del granito, o la apertura de nuevas ventanas y puertas con el fin de dotar a la fachada de cierta organización, dar luminosidad a los lúgubres interiores y abrir entrada al piso superior a través de un paso distinto, o la incorporación de las cocinas al piso inferior en la parte trasera o en un lugar más apropiado que el doble, o la adquisición de nuevos muebles. Pero todo condicionado por la disponibilidad de dinero.

Sin embargo, este proceso de asimilación no fue lineal en el tiempo, pues si bien es cierto que los modelos estaban implicados ya desde finales de la centuria pasada, no fue hasta mediados del XX cuando comenzaron a verse cambios significativos en las arquitecturas populares. Esta demora en el tiempo se debió principalmente a la lentitud con la que cambia la mentalidad del hombre del pueblo, más preocupado por la supervivencia diaria que por la habitabilidad de su casa. Y es que no podemos dejar a un lado la idea de que Extremadura durante la primera mitad de la centuria atravesó momentos de fuerte crecimiento demográfico que no se vieron acompañados por un incremento en las economías locales y familiares, lo cual llevó a muchas familias a situaciones penosas, con salarios ínfimos que apenas les daban para comer y un hacinamiento en casas de poco más de 25 m^2 (con una única habitación en la que se cocinaba, dormía y se guardaba el ganado).

La emigración supuso, entre otras cosas, un receso significativo en efectivos humanos, lo cual repercutió en un descenso de la densidad de la casa y en consecuencia, en una mayor disponibilidad de espacio. Pero a este factor hay que sumarle un cambio progresivo dentro de las estructuras agrarias, con un abandono paulativo del campo en favor de la ciudad y en un incremento del sector servicios sobre el agrícola, lo que implicó también la liberalización de espacio en el interior. Sin embargo, durante la década de los cincuenta y setenta, muchas casas se cerraron y abandonaron y tan solo algunas continuaron estando habitadas, siendo en éstas donde los cambios se generalizaron. De esta manera, el panorama arquitectónico antes de la década de los ochenta se puede resumir así: viviendas cultas de carácter singular (ya sean de principios de siglo o casas solariegas del XVI al XVIII); casas populares que responden a sus caracteres originales, pero que están cerradas por la marcha de sus propietarios; y viviendas también populares que han iniciados algunas transformaciones para mejorar la habitabilidad interior y para recoger las nuevas demandas planteadas (agua corriente, desagües, luz, etc.).

Los cambios en la vivienda popular desde mediados del siglo XX

Al analizar la arquitectura popular en las diferentes comarcas de la provincia de Cáceres, apenas encontramos ejemplos genuinos que no tengan transforma-

ciones y si los hay, están abocados a su destrucción (en unos casos porque su estado es lamentable y amenazan ruina y en otros porque hay una presión sobre estos solares). Esta escasez se vincula a dos prácticas que se sucedieron en el tiempo tras el vaciamiento que se produjo en los municipios después del proceso migratorio: transformación de los contenedores ya existentes (normalmente por los que se quedaron) o su sustitución por otros nuevos (ejecutados por los que se marcharon y regresaron con algún capital).

Entre los años setenta —fechas en las que se inició la emigración hacia áreas industriales— y los ochenta, aconteció un cambio muy significativo en la mentalidad del campesinado extremeño y ello estuvo íntimamente ligado a una importante transformación de las estructuras socioeconómicas: el campo dejó de ser fuente principal de ingresos y otros sectores tomaron la iniciativa (servicios y construcción). De este modo, la casa empezó a quedarse obsoleta con respecto a los tiempos que corrían y precisó operar algunos cambios tanto en el interior como en el exterior, pues su sustitución aún no era posible ante la falta de alternativas y la carencia de dinero para ejecutarlas.

Externamente lo que se hizo corrientemente fue *dotar a la casa de una mayor altura* subiendo los techos (figura 3), transformando el doblado en un piso (se ve claramente por el cambio de los materiales de construcción tradicionales por el ladrillo y por la ampliación en altura que se hace de los ventanucos de ventilación) y transformando los pequeños huecos en otros mayores (balcones o ventanas) para que afianzasen esa altura al exterior. Todo ello para lograr mayor espacio y poder compartimentarlo, obteniendo un mayor número de alcobas y diferenciando usos hasta entonces inexistentes. A ello se sumó la *apertura de vanos más amplios* en la planta baja, aprovechando los ya existentes, con unos caracteres muy comunes; rejas exentas encajadas desde la parte exterior del hueco y de composición simple, sección rectangular y vertical con unas proporciones que pasaron de los 40 cm. de ancho y 60 de alto inciales a los 50/60 cm. de ancho por 90/100 de alto finales, cerrados con contraventanas de madera y cristal que se protegen con postigos y cortinas. En cuanto a los *vanos de entrada* —grandes y amplios— en muchos casos *se rectificaron* en proporciones, escorando hacia un lado el hueco y permitiendo, de esa manera tan sencilla, transformar el zaguán en comedor. Otra modificación fue la sustitución de las puertas primitivas de madera por unas en hierro (las más antiguas) o de aluminio, pero siempre con la misma composición original (dos hojas enteras, o una entera y otra partida, o una sola partida). Otro cambio fue *la incorporación de nuevos materiales*, tanto de construcción (viguetas, ladrillos huecos, uralitas) como de decoración en las fachadas, sustituyendo en estas últimas los enjalbegados tradicionales por azulejos y baldosas que, como si de una habitación se tratase, se dispusieron a lo largo y ancho de ésta.



Figura 3
Casa popular rectificada en altura (Retamosa, Cáceres)

Interiormente las transformaciones se encaminaron a lograr una moderna distribución del espacio para poder incluir las nuevas dependencias, relacionadas un cambio en la concepción de la casa y del papel que jugaba el individuo en ellas. En unos casos el zaguán se transformó en comedor, dejando un

paso para acceder al resto de las habitaciones; en otros la cocina se trasladó a los corrales, abandonando su localización incicial en el último piso o en la entrada; también se compartimentó el doblado para obtener alguna alcoba (hecho este ligado al abandono de ciertas actividades agrícolas en el interior de las casas como las de almacenaje en trojes). Asistimos pues a una nueva secuenciación en la distribución de los espacios, pero esta vez ligado a la consecución de comodidad, confortabilidad y habitabilidad. No obstante, los cambios fueron puntuales y se respetó el contenedor original.

Paralelo a este proceso de transformación se inició otro bien distinto, tanto por los protagonistas como por los resultados. Pasados los primeros años de salidas masivas, los pueblos quedaron prácticamente vacios y olvidados. El paso del tiempo hizo que se recuperase una cierta actividad que se vió incrementada en los meses estivales con el regreso de algunos de los que se marcharon. Éstos, necesitados de un reconocimiento social y con algún capital acumulado en los duros años de trabajo en la ciudad, iniciaron un proceso de derribo de sus antiguas viviendas y la construcción de otras nuevas, acordes con su nueva situación económica y social (no tanto en sus pueblos como en las urbes).



Figura 4
Casa popular rectificada en los vanos (Garrovillas, Cáceres)

De este modo se levantaron viviendas completamente distintas a las vernáculas, más cercanas al mundo urbano, con pretensiones de modernidad pero carentes de alguna racionalidad arquitectónica (inserta y vista siempre como una adaptación al entorno): para empezar, el inmueble se dividió en compartimientos estancos de manera que la idea de globalidad inherente a la casa se rompió y obligó a un diseño más cercano a lo que ellos estaban acostumbrados, el piso; se duplicaron el número de vanos a una proporción de uno o dos por estancia, lo que trajo consigo un incremento en la oscilación de la temperatura ambiente y por consiguiente, la necesidad de introducir elementos ajenos para corregirla (calefacción en invierno y aire acondicionado en verano); a la puerta de entrada se le sumó la de la cochera, quedando inutilizada una parte importante de la planta baja que, desde un punto de vista bioclimático, era la más apropiada para vivir (sobre todo en zonas de penillanura con altas oscilaciones térmicas); los balcones se trazaron corridos a lo largo de la fachada, sobre vigas de hierro y con antepecho de ladrillo finamente decorado con baldosines de interior; los tejados tradicionales de teja dejaron paso a la uralita; y las fachadas se convirtieron en una amplia paleta de colores a través de los alicatados que las cerraban. Al interior los cambios aún fueron más claros pues se multiplicaron las estancias y se abrieron otras nuevas. Un dormitorio para cada uno de los miembros, uno o dos cuartos de baño, la cocina, el comedor y un largo pasillo al que se abren todas las estancias y que articula el interior. Se trazaron espacios de uso individual y colectivo que hasta el momento no eran tan claros, pero se perdió en gran medida ese sabor de familiaridad que tenían antes las casas.

Poco a poco la fisonomía de los pueblos ha ido cambiando, pero la transformación definitiva se está gestando en estos momentos. Reliquias del pasado, muchas de ellas en estado ruinoso, se entremezclan con casas remozadas en las que descubrimos aún al-

gunos vestigios de su pasado; antiguas nuevas viviendas junto a otras todavía más modernas que traducen las nuevas necesidades y aspiraciones de sus inquilinos, casas adosadas de protección oficial o viviendas sociales en las afueras que compiten con los chalets que se construyen los recién llegados y afincados de fines de semana y vacaciones; y en el centro del pueblo o en las calles principales, las casas solariegas y viviendas singulares que permanecen, de momento, incólumes al paso del tiempo y que son la alternativa a seguir para logar esa pretendida modernidad.

Notas

1. Sánchez Marroyo, F., *Dehesas y terratenientes en Extremadura. La propiedad de la tierra en la provincia de Cáceres en los siglos XIX y XX*. Ed. Asamblea de Extremadura, Mérida, 1993. Pp. 16-20.
2. Notas tomadas de la obra de Ávila Macías, M. A., *Arquitectura rural doméstica de la Comarca de Las Villuercas*. Ed. Asamblea de Extremadura, Mérida, 1995.
3. Rybczynski, W., *La casa. Historia de una idea*. Ed. Nerea, 1986.

Evolución de los sistemas de cubierta sobre la construcción abovedada en la arquitectura religiosa de la Comunidad valenciana, entre los siglos XIV y XVIII

Fernando Benavent Avila
Julián Magro Moro

A partir del momento de la conquista de Valencia por Jaime I en 1238, y la creación del Reino de Valencia, éste se incorpora al mundo occidental, dentro del contexto de la corona de Aragón, y por consiguiente dentro de su influjo. Se crea una sociedad en la que predominan las clases no aristocráticas, lo cual origina un espíritu democrático que favorece el desarrollo económico, convirtiéndose en un importante centro agrícola y artesano. Este predominio de la burguesía, imprimirá un carácter particular a la construcción valenciana, que en cada generación buscará su propio modo de expresión, al que irá superponiéndo a lo ya existente. En frase de un autor valenciano del XIX[1] es una sociedad con «una aspiración moral constante, sucesivamente modificada en su expresión artística».

El primer tipo de cubrición que vamos a analizar es el de las iglesias de arcos diafragmáticos. Constan de una sola nave de planta rectangular, y con el presbiterio también en rectangulo, lo que es una clara referencia a una planta «basilical». Son naves con cubierta de madera a dos aguas, apeadas en arcos perpiaños transversales, mostrando un aspecto exterior en su trasdós de forma angular, con las inclinaciones correspondientes a los faldones de cubierta, y con una imagen interior en su intradós con la misma forma angular, suavizada en su eje transversal (cumbrera) por un falso almizate.

Podemos encontrar una importante decoración en toda la estructura leñosa (tablas, pares, correas) incluso en las ménsulas o canecillos de piedra. Las obras de fábrica se ajustan a los materiales disponibles en la zona, normalmente fábricas de silleria en arcos y esquinas, aunque puede encontrarse tabién el ladrillo. El resto de la fábrica se realiza en tapial o mampostería, siendo muy habitual que los contrafuertes se realicen de silleria.

Las obras de carpinteria de armar se realizan con madera de coníferas, con correas y pares. Posiblemente como consecuencia de intervenciones posteriores, podemos encontrarnos correas y cabirones de madera, con tablero de ladrillo, siendo siempre el material final de cubrición, la teja árabe asentada con mortero de cal (figura 1).

Torres Balbás[2] relaciona este tipo de edificios con las «navalia» romanas, con destino mercantil e industrial, y señala su utilización en los monasterios cistercienses de Fossanova, Viterbo y otros.

Parece sin embargo más clara su derivación, apuntada por Choisy,[3] de los arcos de mamposteria colocados a modo de cortafuegos en las basílicas paleocristianas. Sea cual fuere el origen y relación entre estas primeras formas de construcción religiosa en la Comunidad Valenciana y las palocristianas, lo cierto es que el «tipus» se extiende hacia el sur, llegando incluso a Murcia. Los ejemplos fueron muy numerosos, pero unas han desaparecido y otras han recibido añadidos y modificaciones posteriores, que las hacen dificilmente reconocibles

Si abundante es el tipo de iglesia de arcos diafragmáticos con armadura, muchísimo más numerosas son las de una sola nave, con bóveda de crucería y capillas entre los contrafuertes.

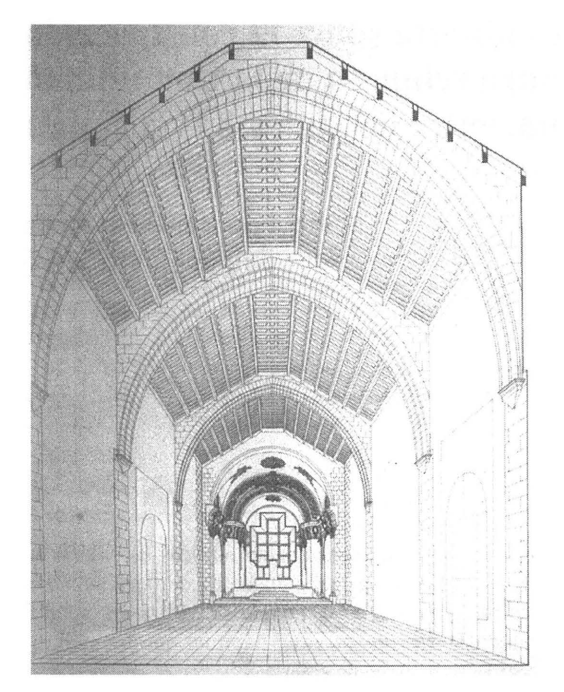


Figura 1

La solución consta esencialmente en la repetición de tramos rectangulares, cubiertos con bóveda de crucería muy sencilla, generalmente cuatripartita. Los esfuerzos son absorbidos por los contrafuertes dispuestos en las cuatro esquinas del rectángulo. El esquema de fuerzas queda muy claramente definido, y el espacio resultante sigue teniendo resonancias basilicales, aunque la espacialidad queda modificada por la repetición de ritmos de las tramadas. La planta es alargada, no existe transepto y la cubrición del presbiterio adopta un esquema radial, siempre dentro de la línea de máxima sencillez.

En la búsqueda de los antecedentes del «tipus», hay numerosos autores que buscan una relación Oriente-arquitectura gótica,[4] perfectamente explicable sobre todo por la relación templarios-cistercienses, y su relación preponderante sobre el origen del gótico. Sin embargo, cabe pensar en un origen a partir de la estructura de arcos perpiaños, al tratar de sustituir la madera por bóveda de crucería.

Aunque haya sido así, no conocemos ningun intento previo o balbuceo, y el tipo analizado, aparece perfecto en nuestra Comunidad. La cubierta de estas iglesias, presenta una novedad, y es la desaparición de la estructura leñosa. En efecto, la cubrición no se realiza a dos aguas, sino mediante cubierta plana. Una vez cerradas las bóvedas, se recrecían los muros perimetrales, creando un espacio cerrado alrededor del extradós de las bóvedas. A continuación se procedia a rellenar las enjutas con vasijas y cacharros de alfarero mezcladas con mortero de cal. La dimensión de las vasijas era variable a edida que se hacía más grande el seno. También con capas de mortero se realizaban en la parte superior las correspondientes pendientes, logradas las cuales, se recubría la superficie con rasilla y mortero, quedando así terminada la terraza. La solución, característica del gótico español mediterráneo, causó la admiración de los estudiosos del siglo XIX,[5] que reconocieron sus valores de incombustibilidad, pero supusieron que sustituía a una cubierta previa de estructura leñosa, llegando en algún caso a proponer su restitución.[6]

Hay que decir, que en la actualidad, no se conserva ninguna de estas cubiertas originales, pues según consta[7] por documentos el mantenimiento de las mismas era dificil, y siempre aparecían grietas y humedades, con lo cual, y a partir del siglo XVI, fueron sustituidas por cubiertas de teja, con las características que señalaremos en su momento. Sin embargo, en algunos casos, aunque desgraciadamente no en todos, intervenciones actuales han devuelto su aspecto primitivo a las terrazas (figura 2).

El Renacimiento trae consigo el uso de la bóveda de cañón seguido, y el de la cúpula sobre tambor. En la Comunidad, nos encontraremos, por una parte obras de nueva planta, y por otra la adaptación de edificos ya existentes a las nuevas tendencias. Las

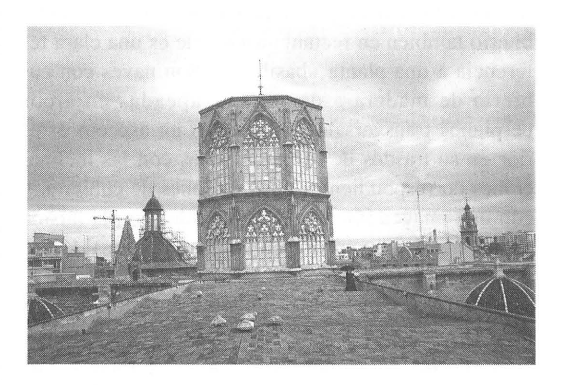


Figura 2

iglesias vienen sometidas a una normativa muy rígida después del concilio de Trento, y en esa normativa se explica muy claramento las precauciones que hay que tener al construir.

Conservamos un documento,[8] en el que se adaptan a la Archidiócesis de Valencia las normas del Concilio, y más concretamente la «Instructionum fabricae et suppellectitis ecclesiasticae» de S. Carlos Borromeo (1577). En dicho documento, se manda que: «la cubierta de los Templos sea bóveda firme, conveniente y correspondiente a la fábrica del Templo». Con respecto al tejado, y posiblemente teniendo en cuenta la experiencia de las cubiertas planas a que antes hicimos referenciase dice que: «Las dichas bóvedas se han de cubrir con tejado entero, que cubra todo el edificio; porque las cubiertas padecen mucho, y se penetran las aguas, y lo interior del Templo en poco tiempo está gastado y negro». Posiblemente por la poca experiencia en cubiertas a dos aguas, se señala la necesidad de que el tejado vuele lo suficiente: «Este tejado ha de salir tan a fuera sobre las paredes del templo, que haya un rafe muy cumplido, por la hermosura del edificio y defensa de las paredes y ventanas».

Es curioso sin embargo, que se siga preconizando una solución en la que la madera intervenga poco, aunque también se acepte la estructura de madera: «No ha de ser este tejado de tejavana, sino sobre tabiques de ladrillo que formen callejones, como se practica en muchas partes, o sobre adera suficiente a tener el peso del tejado. El tejado será perpetuo, si las tejas se asentaren con cal, o con mortero, bien perfiladas».

Cuando se use la madera, se tendrá que tener en cuenta: «Si el tejado estuviere sobre madera, dejense en el espacio que ha de haber entre él y la bóveda ventanillas, o a lo menos troneras a trechos, y correspondientes unas a otras, para que corran los aires, porque sino, la madera del techo se pudrirá muy en breve, y vendrá todo el tejado en ruina, y la causaría a la bóveda» (figura 3).

En lo referente a la forma de la Iglesia, se indica la de cruz latina, pero se señala la conveniencia de cúpula en el crucero «Sobre el crucero, habiendo posibilidad, haya linterna o cimborio proporcionado a la fábrica». Esta cúpula, que se realiza sobre tambor, y suele ser de dos hojas, se recubrirá con teja vidriada de color azul fuerte, siendo éste un elemento característico de las cúpulas de la Comunidad.

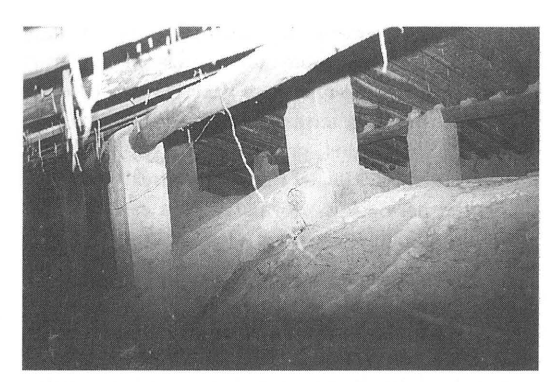


Figura 3

Junto a las obras de nueva planta, se produce en estos años, sobre todo a partir del Barroco un recubrimiento de la tipologia ya citada de iglesias de nave única, cubiertas con bóveda de crucería, y con capillas entre contrafuertes. Algún autor,[9] ha señalado la continuidad espacial entre esta tipología, y la resultante de la Contrarreforma, la iglesia de tipo «jesuítico». Si observamos con detenimiento, veremos que en todos los casos el revestimiento señala los mismos ejes y ritmos que tenía el edificio original, marcando los apoyos y manteniendo el ritmo de los fajones. Quizás el éxito se deba a la perfecta relación forma-función que se da en el tipo, o, a que crea un espacio igualitario muy en consonancia con el sentido de la sociedad valenciana.

El revestimiento y ocultación de los elementos verticales es general, pero las bóvedas, en unos casos siguen siendo las de crucería, con las nervaduras rebajadas, y en otros se recurre a una solución laminar de bóveda tabicada, realizada generalmente con tan sólo un doble tablero de ladrillo, son un espesor total que ronda los diez centímetros. La solución demuestra además un evidente conocimiento de la forma de trabajar el sistema de bóveda. Cada dos metros aproximadamente, se forja un anillo de refuerzo mediante un arco tabicado sobre el trasdós de la misma bóveda; en estas zonas el espesor total del tablero no sobrepasa los quince centímetros. Además se suele dotar de unos puntales de arriostramiento que van desde los riñones de la bóveda hasta los arcos cruceros de la estructura gótica. Suele quedar un espacio entre las dos bóvedas por donde se puede circular, aunque con dificultades.

Lo que ocurre en todos los casos de revestimiento, es la sustitución de la cubierta de terraza por cubierta de doble vertiente de teja. Para hacerlo, se sobreelevan paredes sobre la terraza, y se desarrolla una estructura de tabiquillos, prácticamente sin intervención de la madera. Manuel Fornés y Gurrea,[10] recoge, al final del periodo, la «fórmula» para este tipo de formación de cubiertas. Dice: «Para formar las vertientes sobre los trasdós de las bóvedas, se hacen callejonadas de tabiques de tres palmos de anchos, cubiertos con bovedillas o baldosas grandes, y sobre estas las superficies o planos inclinados en que se asientan las tejas. A esto se reduce la práctica; pero conviene saber el modo de aligerar el peso que producen tantos tabiques, que suben desde el principio de los senos o arranques de las bóvedas donde cimentan, hasta formar las vertientes. El método de aligerar se reduce a formar arcos en los mismos tabiques, que estriben sobre las paredes y trasdós de las bóvedas, por cuyo medio se puede suprimir una tercera parte de su peso y trabajo.»

En la práctica hemos encontrado numerosas soluciones que intentan conseguir la mayor efectividad a este tipo de cubierta, desde la colocación de anillos de reparto, colocados sobre el trasdós a modo de cimentación de los tabiques, evitando asi efectos de sección sobre la bóveda, hasta la construcción de los tabiques no en línea recta, sino en forma sinuosa, para evitar el efecto de pandeo (figuras 4 y 5).

Posiblemente la Comunidad Valenciana no sea la única donde se de este tipo de soluciones, pero si que hay que decir que es en la que se dan en un porcentaje infinitamente superior al resto del país. No debe ser ajena a ello por una parte la tradición mediterránea de uso de los materiales cerámicos en la construcción y la experiencia en la construcción de bóvedas tabicadas, arraigadas hasta hace muy pocos años en la arquitectura tradicional, y por otra las dificultades de mantenimiento de las estructuras de madera, por las condiciones climáticas, los ataques de xilófagos y el peligro de incendios.

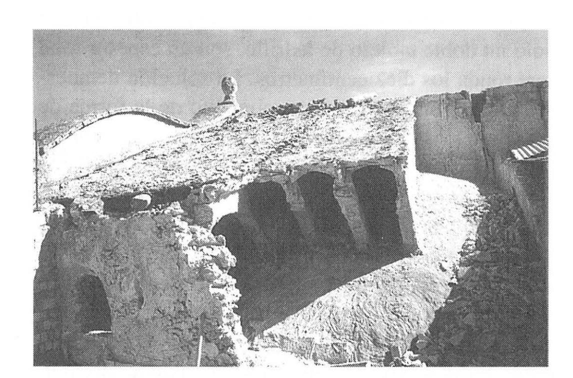


Figura 4

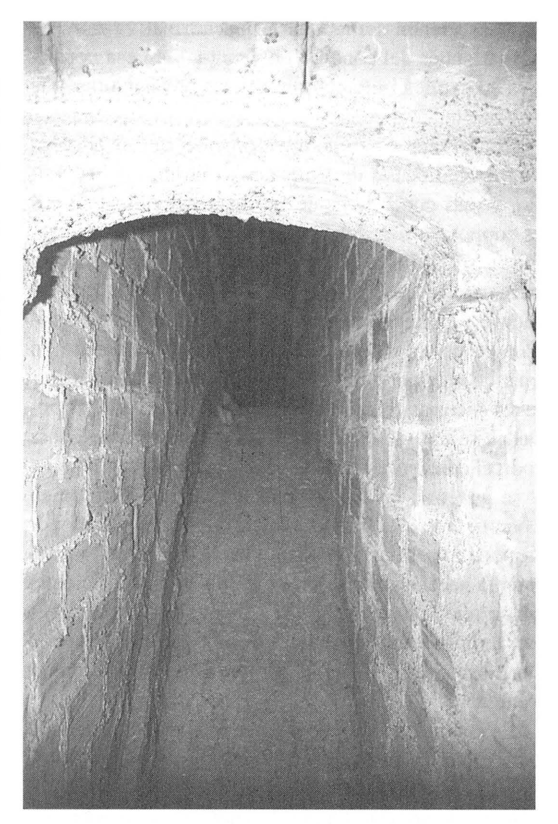


Figura 5

En un curioso librito, publicado en 1776, por D. Joaquin de Sotomayor, estractando y añadiendo a uno del conde de Espie sobre *Modo de hacer incombustibles los edificios, sin aumentar el coste de su construcción*, encontramos por una parte la defensa encendida de esta solución, a cargo de Sotomayor, que invoca a su favor razones de todo tipo, pasando de la seguridad a la ecología, y por otra parte el escepticismo de Ventura Rodriguez, que en la «Censura» previa a la obra, se muestra disconforme con las pretendidas ventajas.

La práctica constructiva del siglo XIX, sobre todo en las restauraciones llevadas a cabo en la segunda mitad, abandona la idea de cubrición con tabiquillos cerámicos y retoma la de cubiertas de estructura de madera, con resultados en la mayor parte de los casos negativos, pues en las intervenciones realizadas actualmente, suele estar más deteriorada la actuación del siglo XIX que la original.

Evidentemente, no hay que echar las culpas a los actuantes del XIX, sino que las causas del deterioro de las cubiertas, son muy variadas y difíciles de sintetizar en pocas líneas. Aparte las causas exógenas al edificio, muy variadas y que van desde terremotos a incendios o saqueos, podríamos hablar de defectos de construcción, bien por insuficiente protección de los tableros de madera, por mala ejecución de la cubierta plana, o por mala ejecución de los tabiques cerámicos, según los casos. O bien hablar de patologías encadenadas, basadas principalmente en fallos de cimentación en las obras de fábrica, o en la perforación de los contrafuertes y otras intervenciones en el edificio que debilitan la capacidad portante de la estructura.

La falta de mantenimiento, las incorrectas reparaciones ejecutadas a lo largo de la historia del edificio, o las transformaciones del conjunto, son otros factores de riesgo que pueden afectarlo gravemente.

Notas

1. Llorente Falcó, T., *España, sus monumentos y Artes.* Valencia 1886.
2. Torres Balbas, M., «Naves cubiertas con armaduras de madera sobre arcos perpiaños a partir del siglo XIII». *Archivo de arte español,* Enero-marzo 1960.
3. Choisy, A., *Historia de la Arquitectura* B. Aires. 1970.
4. Choisy, A., *op. cit.*
5. Bassegoda Nonell, J., *La cerámica popular en la arquitectura gótica.* Barcelona 1983.
6. Bassegoda Nonell, J., *op. cit.*
7. Magro Moro, J., *La catedral de Valencia, análisis histórico y valoración crítica.* Valencia 1985.
8. Benlloch Poveda (ed.) *Manual de constructores.* Valencia 1995.
9. Marqués de Lozoya, *Historia del Arte Español.* Madrid 1931.
10. Fornés y Gurrea, *El Arte de edificar.* Madrid 1847.

La Vía del Capsacosta (La Garrotxa-Ripollés / Girona): la pervivencia de un camino

Francesc Busquets Costa

Debido a la construcción de los túneles del Capsacosta (Garrotxa y Ripollès, provincia de Gerona), la empresa constructora del nuevo trazado, Dragados y Construcciones S.A., de acuerdo con la Llei del Patrimoni Cultural Català, destinó una parte del 1% que debía invertir en acciones culturales, a la excavacion, consolidación y restauración de la llamada *Vía Romana del Capsacosta.*[1]

Las referencias sobre la Vía del Capsacosta idetificándola como un camino romano no son nuevas. Las más antiguas son del siglo XVII, aunque sólo se refieren a tramos concretos de la vía, sin mencionar su recorrido completo. Pero es a partir del siglo XX cuando diferentes autores han ido citando todo el recorrido de la vía en cuestión.

La Vía del Capsacosta podria ser de construcción romana, tratándose de un ramal secundario de la Vía Augusta, la cual unia Roma y Cádiz entrando en la Península por los pirineos, cerca de la actual frontera de la Jonquera. Se separaba de esta a la altura de la comarca de l'Empordà (Girona) a través de dos tramos distintos que de nuevo se unian en Esponellà (comarca del Pla de l'Estany, Girona), para continuar en línea recta hacia Besalú (comarca de la Garrotxa, Girona). A partir de Besalú y siguiendo el rio Fluvià, cruzando parte de la Garrotxa, llegaba a Sant Joan les Fonts y de allí a la Vall de Bianya, donde subía hasta el Coll de Capsacosta para llegar a Sant Pau de Segúries (comarca del Ripollès, Girona). En este enclave se volvía a bifurcar: un tramo hacia Ripoll-Vic-Barcelona y otro en dirección Camprodon i Coll d'Ares. Entonces cruzaba el Vallespir (Francia) hasta la localidad de Le Boulou para unirse otra vez con la Via Augusta.

Ahora bien, a pesar de todos estos estudios realizados, la Via del Capsacosta requería una investigación más profunda tanto para su conocimiento como para su difusión, ya que en los últimos años su estado de conservación se había degradado mucho, debido a los efectos del hombre y de la propia naturaleza.

El tramo donde se actuó era el que mostraba restos de la calzada con una cierta continuidad, además de algunas obras de fábrica: 8,5 km., entre sant Pau de Segúries y la Vall de Bianya, en la provincia de Girona. Esta zona es de las más complejas y variadas de la geografía catalana ya que en ella existe una transición entre la montaña y el llano, pasando de un ambiente mediterraneo (con bosques de encinas) a unos ambientes medioeuropeos (más templados y húmedos, con vegetación caducifolia).

Las obras de ingeniería y de fábrica localizadas en la Vía del Capsacosta

A lo largo del tramo donde se actuó los constructores de la citada vía se vieron obligados a realizar grandes obras de ingeniería (que se pueden considerar únicas en Catalunya y tan sólo comparables a los tramos conservados entre el Coll de Parpers i Mataró, en la provincia de Barcelona) para poder solucionar las dificultades topográficas del terreno. A causa de estas, el

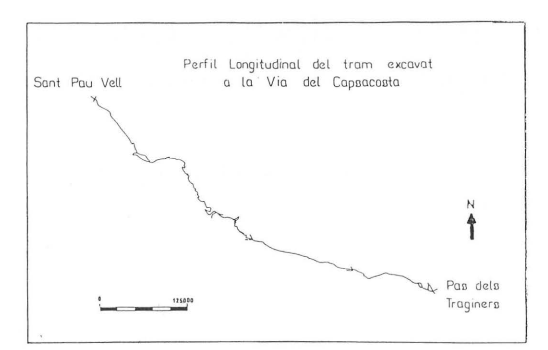


Figura 1
Perfil longitudinal del tram excavat

camino se construyó «en serpiente», es decir, en cortos fragmentos rectos sostenidos por sólidas plataformas, más o menos cuadradas, y muros de contención hechos a base de grandes bloques de piedra seca, de dimensiones considerables i debastadas ligeramente. Estas plataformas son uno de los elementos constructivos más importantes de la vía, ya que en algunos puntos llegan a alcanzar los 3,75 m. de altura y forman unas curvas muy cerradas, con unas pendientes que en algunos puntos oscilan entre el 10 y el 20%. Esto provocó que se hubiesen de reforzar las plataformas de las curvas, sobre todo su parte externa que era la que recibía más presiones, colocando bloques de piedra mucho más grandes y rellenando el interior de los muros con piedras de menor tamaño, sin tierra. Todos estos muros son de gravedad, con el extradós vertical y ligeramente intraplomado, siguiendo la regla utilizada habitualmente para el dimensionamiento de muros.

La calzada de la vía está construida mediante dos hileras de sillares cuadrados o rectangulares, bien tallados (en algunos de ellos se aprecian las marcas de las barrinas), de medidas variables, que limitan los extremos esxteriores, localizándose en algunos de ellos pilones guarda-ruedas de piedra del país ligeramente debastada (su altura oscila entre los 50 y 75 cm. y se encuentran separados entre ellos unos 220-250 cm.). El espacio comprendido entre estas dos cintas de sillares está formado por bloques de piedra de dimensiones regulares, pero más pequeñas que las anteriores y situadas al mismo nivel (aunque en algunos puntos la erosión ha rebajado su cota hasta un metro por debajo de los sillares laterales). El tipo de piedra utilizado para realizar esta pavimentación és la del país, originalmente cantos rodados y piedra conglomerada indistintamente, pero posteriormente, a lo largo de las continuas reformas, unicamente conglomerado. El ancho de la vía es practicamente regular a lo largo de todo el tramo (de 300 a 555 cm.), a pesar de que en algunos puntos las sucesivas reformas han modificado y reducido considerablemente este ancho original.

En algunos sectores se puede apreciar la sección en forma de arco que presenta el pavimento, solución utilizada para poder evacuar las aguas de la lluvia. Además, en la parte interior del camino, entre su borde y la pared de montaña, existe una cuneta excavada en la roca natural, que también responde a la misma necesidad. También y por este mismo motivo encontramos en aquellos lugares donde existe un gran desnivel, una hilera de piedras verticales cruzando transversalmente la calzada, funcionando como sitema para desviar las aguas y así evitar el efecto de un río. En algunos casos este sistema aparece más desarrollado, tratándose de dos hileras paralelas en cuyo interior aparece rocalla, la cual hace posible un sistema de drenaje por filtración de aguas. El último sistema documentado para la evacuación de las aguas es la filtración por debajo del pavimento mediante cloacas y desagües subterraneos, que salen al exterior por la pared de contención.

Por lo que se refiere a las obras de fábrica relacionadas directamente con la vía existen: los basamentos de un puente que cruza el arroyo de Sant Salvador, el origen del cual parece ser antiguo; restos de otro posible puente, seiscientos metros más abajo, en el arroyo de Bianya; un depósito de agua situado al lado mismo del camino, una vez cruzado el arroyo de Sant Salvador y una fuente conocida como la Font de l'Arç, situada en la encrucijada de una de las «variantes» de la vía, muy cerca de Sant Pau de Segúries; además se localizaron una serie de construcciones que se utilizaron como hostales (Hostal de Dalt, Can Sargantana, La Pineda, Cal Ferrer y Els Hostalets de Capsacosta), estos dos últimos objeto de una excavación arqueológica llevada a cabo paralelamente a la actuación en la vía romana.

La excavación arqueológica en Els Hostalets de Capsacosta i Cal ferrer

El motivo principal por el cual se decidió efectuar excavaciones fue la presencia de unos sillares en las

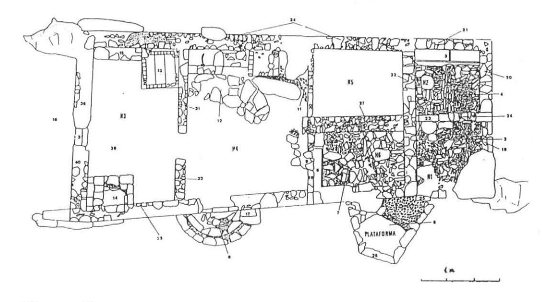


Figura 2
Planta general de Cal Ferrer

primeras hileras de los dos hostales cuyas dimensiones y factura hacian pensar en una datación probable de época romana (para algunos autores, una posible «mansio»). Tanto la arqueologia como la documentación escrita no han podido confirmar por el momento esta antigüedad ya que los resultados obtenidos marcan un «tempus post quem», que gira alrededor del s. XVII.

La información que hay sobre Cal Ferrer nos viene por una parte de la mano del material cerámico más antiguo, que data del 1630 y por otra de la documentación escrita, la cual nos remite al año 1719 (aunque su función como hostal no aparece hasta el 1756), mientras que en sus últimos años se habia convertido en una herrería, la pieza principal de la cual (el taller y la fragua)ha sido hallada en las excavaciones arqueológicas al lado de otras habitaciones destinadas al habitat familiar (de la cual se conserva sólo la planta baja y los primeros peldaños de la escalera que conducían al piso superior).

Por lo que respecta al otro hostal (Hostalets de Capsacosta) la documentación escrita más que la cerámica nos da la datación más aproximada: es en el año 1817 cuando aparece citado por primera vez este hostal funcionando como tal.

Cabe pensar, pués, que hasta fines del s. XVIII i principios del XIX funciona como hostal la edificación de Cal Ferrer y a partir de esta fecha passa a funcionar como hostal la edificación dels Hostalets de Capsacosta, mientras que el primero pasará a ser una herrería. Por tanto la función atribuible en época romana de ser una «mansio» de momento no se ha podido demostrar, aunque los sillares sigan mostrando un tipo de factura de tipo romano.

Resultados de la actuación arqueológica realizada en la Vía del Capsacosta

Los caminos constituyen un tipo de yacimiento arqueológico que está vivo y sometido a una transformación constante. Se trata de un caso extraordinario de pervivencia en el uso de una estructura que se puede comparar solamente con el caso del subsuelo urbano. Este hecho conlleva que sea muy difícil discriminar la cronologia de los tramos de camino y de sus obras de fábrica que se puedan hallar en él. Y para dificultar más la interpretación cabe recordar que en época moderna se reprende de nuevo la construcción y reparación de carreteras, basándo su tecnología en la observación de los caminos romanos, que por aquel entonces aún formaban la mayor parte de la red principal de comunicaciones.

Todo lo dicho queda documentado en la Vía del Capsacosta, ya que si se analizan sus restos estructurales, a pesar de presentar un estado de conservación en general muy bueno, se hace muy difícil poder atribuir a ésta una cronología concreta (tanto de seu construcción como de sus diferentes momentos de uso).

A partir de los resultados obtenidos en la actuación arqueológica de la Vía del Capsacosta (que pusieron al descubierto gran cantidad de nuevos restos, pero sin hallar ningún tipo de material arqueológico que aportara ayuda alguna sobre su cronología) se puede considerar que este camino sufrió a lo largo de los años numerosas reformas que quedan muy bien documentadas con el descubrimiento de un nivel de uso y sus estructuras viarias que se superponen a unas de anteriores.

Esclarecer el momento de construcción de esta primera calzada es el gran problema que presenta la Vía del Capsacosta. Como hemos dicho ya anteriormente, tradicionalmente se ha identificada esta Vía como una vía romana, siendo uno de los ramales secundarios y subsidiarios de la Vía Augusta. Ahora bien, las obras de ingeniería y de fábrica que puedan datarse de esta época con total certitud son practicamente inexistentes.

A pesar de todo, si se buscan paralelos en estudios realizados sobre caminos y vías antiguas se observa como la Vía del Capsacosta presenta una serie de características que la pueden hacer atribuible a la época romana: se trata de una vía de altura, la cual busca siempre la carena. Presenta un sistema constructivo

muy parecido o igual a otras vías que se pueden fechar con bastante exactitud de época romana (la Vía del Puerto del Pico /Avila, la Vía de la Plata/Salamanca-Zamora, la Vía de Parpers/Maresme-Barcelona y un tramo de Vía Augusta en el Perelló/Baix Ebre-Tarragona. Los sistemas de desguace encontrados en la Vía, también se localizan en alguna de estas vías, como es el caso de una de las «cloacas» (que parecer se la más antigua) muy similar a otras localizadas en la Vía de Parpers, Puerto del Pico, Perelló y en algunas villas romanas de la Península. El ancho de vía que presenta entra dentro de los límites de lo habitual en otras vías así como también la cuneta lateral de desguace. La pavimentación con piedras de la vía es sólo la parte superior de una compleja y variada estratigrafia que se adapta totalmente a los modelos clásicos. Se han hallado los basamentos de un puente (sobre la Riera de Bianya) que muestra algunas de las características técnicas (sillares muy bien cortados y ligados con un *opus caementicium,* una pequeña cornisa al final del basamento para poder encajar la estructura que permite construir el arco...) que permiten datarlo con toda probabilidad de época romana. La documentación antigua (s.X/XII) nos demuestra que ya en época medieval existia este camino, por lo que debería haber sido construido con anterioridad, pues en aquellas épocas era habitual aprovechar la misma red de comunicaciones que en la antigüedad. Encontramos también dos pequeños fragmentos de camino que presentan una pavimentación con una solución técnica diferente a la del resto (en forma de «espina»); si los consideramos como reformas, datables de época medieval, esto equivaldría a dar una cronologia anterior a la Vía, la cual sufriría posteriormente estas modificaciones.

Además de considerar la Vía en sí misma, sería necesario tener en cuenta los hallazgos arqueológicos de época antigua localizados entorno a ella. Así, en el año 1908 se encontró en un lugar conocido como «El Clot Fondo de la Riba», en la Vall de Bianya, la mitad inferior de una jarrita de época romana. Este descubrimiento es muy importante, ya que nos está documentando que la Vall de Bianya en aquellos momentos estaba ya habitada, o al menos se circulaba por ella. Otro descubrimiento arqueológico se llevó a cabo en 1872 en la Pla de la Gibrella (Vall de bianya); se trataba de una necrópolis de incineración tumularia con ajuar (formado por algunos objetos de hierro) datable del 625 a.c. (fue durante este periodo cuando la metalurgia del hierro se introdujo en nuestra zona con la llegada de una nueva población que tomó contacto con los pueblos autóctonos); todo esto confirma que ya desde estos momentos uno de los puntos más importantes de penetración hacia el interior a través de los Pirineos fuese por Coll d'Ares y Capsacosta.

Debe añadirse también que la Garrotxa y el Ripollès son unas zonas muy aptas para la explotación minera y forestal, por lo tanto podría éste podría ser el motivo básico de su construcción en época romana; una obra de tal envergadura y con una ingenieria viaria tan espectacular no tendría razón de ser a menos que unos fuertes condicionantes económicos motivaran su construcción. Lo que sí es indiscutible es el hecho de que la Vía del Capsacosta ha sido utilizada des de hace mucho tiempo como paso para acceder del llano (el mar) a la montaña, comunicando l'Empordà y el Ripollès, o a la inversa.

Analizando todos estos factores, creemos que la Vía del Capsacosta fue en su origen de factura y construcción romana, aunque no se puede concretar su datación en un momento preciso dentro de este periodo histórico.

A lo largo de la Edad Media, hasta el s. XV, se continuó utilizando con algunas pequeñas reformas y modificaciones que contribuyeron a su mantenimiento (pavimentación en forma de «espina», depósito de agua, construcción de los primeros hostales).

A lo largo de los años 1427-28 la Vía se vió afectada, seguramente, por los terremotos que sufrió toda la zona. Probablemente quedó inutilizada durante este periodo de tiempo a causa de los derrumbes que éstos causaron, pero cabe suponer que fue muy pronto reparada y se pudo circular por ella. Esto nos lo confirma la gran reforma existente en la Vía, que deja en desuso antiguos trazados y estructuras que quedaron arrasadas y en muy mal estado.

En época Moderna, la Vía se convirtió en el Camino Real de Olot a Camprodon y probablemente son de esta época la gran mayoria de los Hostales que se encuentran a lo largo del camino, así como una cantidad indeterminada de reformas efectuadas en él.

Durante las invasiones francesas, desde el s. XVII hasta las del XIX, los ejércitos franceses circularon por ella, tanto en el momento de las invasiones como en el de las retiradas.

En el año 1761 se establecieron en todo el Estado Español las Carreras de Posta, siendo la Vía del Cap-

sacosta un camino muy importante para la comunicación de Olot (que era una administración agregada a la de Barcelona) con Camprodon y Ripoll (que eran estafetas agregadas a Olot).

Durante la invasión francesa del s. XIX (1808-1814) la Vía fue probablemente reformada o al menos se llevaron a cabo obras de conservación y mantenimiento importantes.

Con la construcción de la nueva carretera C-153 (a lo largo de 1926-27) de Olot a Camprodon, la Vía del Capsacosta dejó de utilizarse y se inició así su gradual deterioramiento.

Para finalizar, sólo cabe decir que los acontecimientos que se han producido a lo largo de la «vida» de la Vía del Capsacosta y sus reflejos en ella misma, constituyen una de las periodizaciones arqueológicas más difíciles de establecer.

BIBLIOGRAFÍA

Busquets Costa, F.(1996); «Memòria tècnica de l'actuació arqueològica realitzada a la Vía Romana del Capasacosta». Treball inèdit.

Busquets Costa, C./Freixa Vila, M. (1995); «La intervenció a la Vía del Capsacosta», a *Revista de Girona,* nº 168, gener-febrer. pp. 63-65.

Casas Genover, J. (1983); *La Vía Romana del Capsacosta.* Olot.

Freixa Vila, M. (1995); «Memòria de les excavacions arqueològiques d'urgència als Hostalets de Capsacosta i Cal Ferrer. La Vall de Bianya (La Garrotxa)». Treball inèdit.

Nolla Brufau, J. M./Casas Genover, J. (1984); *Carta arqueològica de les comarques de Girona.* Girona, pp. 53-70.

Pujadas, J. (1607); *Crónica Universal del Principado de Cataluña.* Llibre I, Barcelona.

Sala Canadell, R. (1976); «Romanització de la Garrotxa», a *III Assemblea d'Estudis sobre el Comtat de Besalú.* Besalú, pp. 365-392.

NOTAS

1. Esta intervención se realizó durante los meses de Agosto y Septiembre de 1994 bajo la dirección y supervisión del Servei de Monuments de la Generalitat de Catalunya, la Diputació de Girona y del Servei d'Arqueologia de la Generalitat de Catalunya.

Ostia y la técnica constructiva romana de muros y pisos

Carlos Alberto Cacciavillani

El presente trabajo sobre los materiales y la técnica constructiva romana, en particular, de los muros y de los pisos de tres edificios significativos de la ciudad romana de Ostia. Se darán a conocer primero algunas noticias históricas y después se examinarán las diferentes variedades técnicas de los *opus* y de las técnicas constructivas de la pavimentación a través del relevamiento gráfico y fotográfico de dichas estructuras realizado en estos últimos meses. Ostia había sido el *Portus Romae*, el puerto de la ciudad de Roma. Fue fundada en el siglo VI a.C. por Anco Marzio y se desarrolló hasta el siglo V d.C. o sea hasta la caída del Imperio Romano. Sufrió tantas invasiones y asaltos lo que motivó que el Papa Gregorio IV entre los años 1013 y 1024, construyera una ciudadela fortificada, utilizando materiales de la misma ciudad, para proteger a los habitantes de las correrías de los invasores y de los piratas. La ciudad se transforma desde entonces en una fuente gratuita de prestigiosos materiales edilicios: columnas, capiteles, estatuas, ladrillos, mármoles, etc. En el siglo XVIII, la ciudad de Ostia, estuvo sujeta al despojo de objetos antiguos por parte de excavadores clandestinos, hasta que en 1801 el Papa Pío VII comenzó las excavaciones regulares, pero sólo finalizadas a recuperar los objetos de arte de apreciado valor. En 1885, con el Papa Pío IX y sucesivamente en 1909, se iniciaron y prosiguieron hasta 1938 las excavaciones y la restauración con carácter conservativo.[1]

Como señalé anteriormente sólo limito este estudio a la técnica constructiva de muros y pisos de tres edificios de Ostia: *Le terme dei Sette Sapienti*, La terma de los Siete Sabios; el teatro romano y el un edificio de viviendas múltiples, *la insulae del Dioniso*, la insula de Dioniso.

La terma de los Siete Sabios, se encuentra al oeste de la ciudad, sobre la calle denominada *via della Foce*. El edificio ha sido construido en época adrianea[2] y sucesivamente reorganizada, conservando la mayor parte de los antiguos locales. Sobre el lado izquierdo, además del atrio se abre una gran sala circular cubierta antiguamente con una cúpula;[3] parte del encajonamiento del artesón es aún visible en el lado norte. Después de un arco de ingreso se encuentra una sala circular, en donde todavía permanecen restos de un mosaico construido en pasta vítrea policromada, se accede luego a un vestíbulo al lado de una piscina. En este local se encuentran conservados algunos frescos que representan los siete sabios con sus respectivos nombres. Sobre el lado sur de la sala circular se encuentra situado el *laconicum*, o sea la sauna para los baños a vapor y el *calidarium*, en donde se encuentran los restos de una piscina utilizada para la inmersión en agua caliente, también son visibles los *tubuli* en las paredes. El local que sirve de tránsito para llegar al *laconicum* posee un pavimento construido en mosaico con teselas blancas y negras, representando una figura humana con su propio nombre escrito en la parte superior de la figura. Sobre el lado derecho y superada la piscina de la *natatio*, o sea la piscina de inmersión en agua fría, se encuentra otra con un fresco que representa Afrodita

bañándose en un mar colmado de peces de diferentes tipos. Detrás de esta piscina se encuentra un local (lugar del estudio propuesto) en donde existe una escalera para el acceso a los niveles superiores. Más adelante, a través de los locales del *praefurnium*, o sea, la cámara de la caldera,[4] es posible observar los pequeños pilares que sostienen el piso del *calidarium*. Después a través de un corredor se llega a la casa de los Aurighi, un efificio de grandes dimensiones destinado a viviendas.[5]

Para ilustrar un aspecto de la técnica constructiva de los muros de este edificio he considerado el tramo de muro que constituye la cabecera de una estructura y que junto a un arco funciona como muro portante para una escalera que sirve de acceso a los niveles superiores (figura 1). Toda la estructura puede ser comparada, ya sea formalmente como funcionalmente, a la de un arco rampante. Dicho tramo de muro está ubicado al centro de un pequeño local de planta rectangular, al cual se accede a través de un corto pasillo. En el interior del local, sobre la izquierda, inmediatamente después de pasar el ingreso, se puede observar el arco que sostiene estructuralmente a los peldaños de la escalera seguido del muro que estamos considerando, el cual, además de cumplir la función de cabecera, muestra un interesante motivo superficial, algo complejo. El tramo de la pared está constituido, en realidad, de un conjunto de estructuras diferentes: una base en *opus quadratum*, de aproximadamente 60 cm de altura, realizada por seis hileras de bloques de tufo de color marrón oscuro, cuyas dimensiones medias corresponden a 18 × 11 × 7 cm, interrumpidas en la parte central por una grieta en las hileras de los bloques; una parte superior construida en *opus latericium*, con una altura aproximada de 50 cm, realizada con 10 hileras de ladrillos de color blanco rosado, cuyas dimensiones son de 18 × 11 × 4 cm; en la parte izquierda y a partir de la primera hilera de ladrillos, desde el arco que sostiene los escalones, la pared está construida en *opus latericium* con ladrillos de color rojo y de dimensiones de 44,4 × 44,4 × 4 cm (*sesquipedalis*, o sea de un pie y medio romano) los cuales organizados a estrella desaparecen después del décimosegundo para poner en evidencia el interno complejo constituido por mortero de cal, guija, pequeños trozos de barro cocido o de ladrillo; la parte superior ha sido construida, hacia la derecha con *opus mixtum*, o sea una cabeza vertical de aproximadamente 40 cm de altura, que después sigue a lo largo del perfil superior del muro, constituido por bloques de tufo y de ladrillos del mismo tipo de los que han sido utilizados en la parte inferior; al centro, entre la cabeza en *opus mixtum* a la derecha y el arco en *opus latericium* a la izquierda, apoyados sobre la base inferior en *opus latericium* se encuentra un paramento en *opus reticulatum*, que en origen constituía toda la superficie restante, construido con pequeños bloques de tufo de forma tronco-piramidal de color gris con tonos hacia el marrón-rojizo y cuyas medidas responden a 7 × 7 × 12,5 cm cada uno de ellos; en el interior del muro, mortero con guijos y fragmentos de barro cocido. Actualmente el extremo superior de la estructura del muro está protegida con un mortero de cal con fragmentos de ladrillo (restauración arqueológica conservativa).

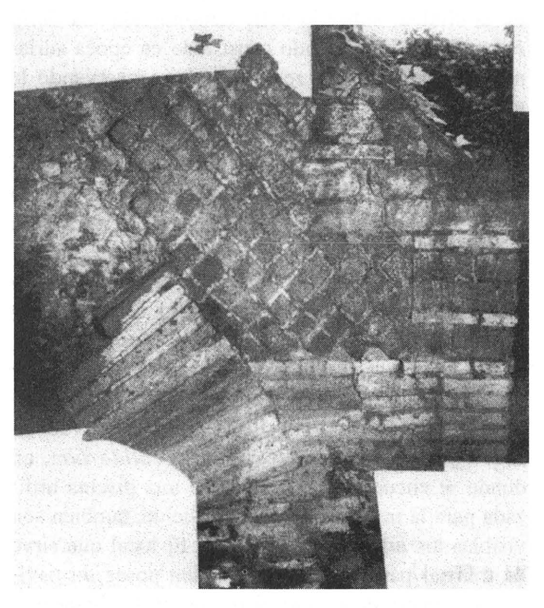


Figura 1
Ostia, Italia. *Le terme dei Sette Sapienti*, La terma de los Siete Sabios. Tramo de muro que constituye la cabecera de una estructura y que junto al arco funciona como muro portante para una la escalera que sirve de acceso a los niveles superiores

Hablamos ahora del pavimento del edificio en particular de un mosaico que se encuentra en un local inmediatamente después de la sala circular, posiblemente era un local de paso, pues posee dos ingresos. El mosaico,[6] al contrario de los otros que se encuen-

tran en el interior de la misma terma, no presenta motivos de animales, de caza o vegetales, pero sí está representada una figura humana con una escritura en la parte superior, probablemente se trata del respectivo nombre. La figura humana ocupa aproximadamente la mitad del local en donde se encuentra, sus medidas responden a 163 cm de altura por un ancho máximo de 102 cm, las mismas están referidas a un hombre de altura algo inferior a la media, es posible que se trate de la representación de un joven. Es interesante notar cómo la mano derecha de la figura está representada con tres dedos y la mano izquierda que lleva un bastón, con dos dedos dispuestos en forma de pinza; el pie derecho está representado con cuatro dedos, mientras el pie izquierdo está representado de perfil. Este método de representación deriva probablemente de las dimensiones de las teselas empleadas cuyas dimensiones varían entre 1,5 × 1,5 y 2,5 × 2,5 cm, de color blanco y negro, estamos en presencia del pavimento construido en *opus tessellatum*.[7]

El segundo de los edificios significativos de la ciudad de Ostia considerado en este estudio es el teatro romano que está situado en una zona caracterizada por la presencia de numerosos edificios públicos (figura 2). El complejo, cuya fachada curvilínea emerge sobre el decumano, está delimitado al este por la terma de Neptuno y por la *Caserma dei Vigili*, y al oeste por cuatro pequeños templos de época republicana. El complejo es de época augustea, entre el II o III consulado de Agrippa. El edificio fue reconstruido en época severiana y también tuvo algunas remodelaciones en época costantiniana y al inicio del siglo V cuando fue restaurado el *Porticus in summa cavea* y el nivel de la orquesta fue transformado para el desarrollo de los espectáculos acuáticos. La *cavea* durante la primera fase era totalmente construida, poseía el sistema dos galerías unidas por muros de albañilería, sin ingreso central, pero con *parodoi* laterales (con paredes reticuladas y con la pavimentación en mármol en el tramo de cielo abierto y de barro cocido debajo de la bóveda). La fachada curvilínea sobre el decumano era construida con bloques de tufo. La *scaenae frons* era rectilínea y apoya sobre un basamento en *opus quadratum*, se considera que esto sólo era limitado a un muro pues, detrás del edificio escénico existía tal vez un pórtico con arcos, construido en pequeños bloques de tufo con un muro perimetral *en opus reticulatum* sobre el fondo. Este muro estaba relacionado trámite pilares en tufo con

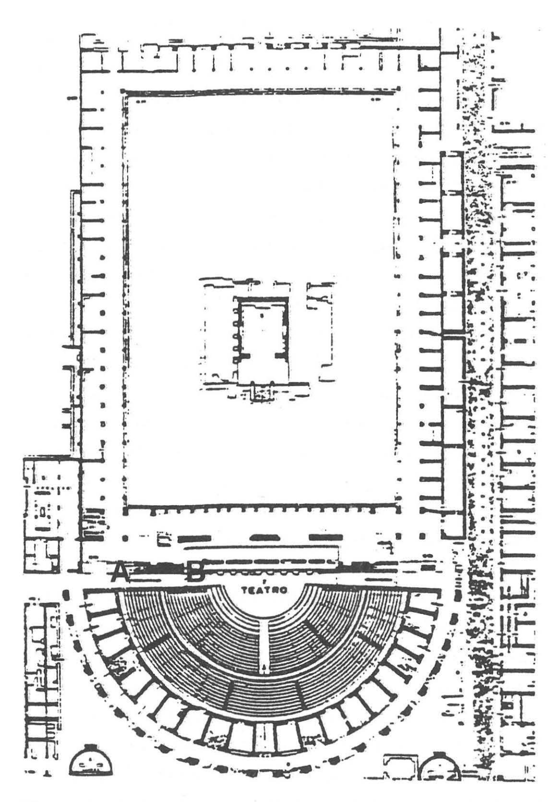


Figura 2
Ostia, Italia. Planta del teatro romano y del foro de las Corporaciones. AB. parte derecha de pared del escenario del teatro considerada en el estudio

el muro perimetral de la gran plaza de las Corporaciones ubicada detrás del teatro.

Durante la segunda fase, iniciada bajo Commodo y concluida bajo Settimio Severo y Caracalla en el año 196 d.C., se agrega un anillo externo que constituye un nueva fachada hacia el decumano, caracterizada por un doble orden de arcadas entre columnas,[8] por tal motivo se construye una nueva galería superior a la cual se apoya un tercero; *maenianum*, o galería saliente y un *porticus in summa cavea*; además fue totalmente reconstruida la *scaenae frons* con una nueva decoración arquitectónica. Este anillo porticado poseía veintitrés arcadas sobre pilares de travertino, correspondientes a tantos comercios: hacen excepción las dos arcadas laterales extremas (ingreso a las *paradoi*) y la del centro (ingreso central del teatro); este último por la posición que ocupa era utili-

zado también para los espectáculos con gladiadores. El nivel de la orquesta estaba revestido en mármol, era ligeramente inclinado hacia los lados para permitir el flujo de las aguas. El *púlpito*, actualmente reconstruido, poseía en el frente nichos semicirculares y rectangulares revestidos con mármoles. El escenario tenía probablemente un piso de madera, sostenido por pequeños muros de ladrillos perpendiculares al eje del teatro, la *scaenae frons* era rectilínea con decoraciones en mármol. Detrás faltaba, aún en esta fase del edificio, el escenario, cuyo espacio estaba ocupado por la fachada porticada que se integraba con el pórtico de la plaza de las Corporaciones.[9] En época tardía toda el área del ingreso central con sus dos locales laterales fueron transformados en cisternas, para poder contener el agua que servía para llenar la orquesta transformada en una piscina para el desarrollo de los espectáculos acuáticos: *naumachie*.

En este caso para examinar técnicamente la estructura de los muros del teatro he considerado la parte derecha de la *cavea* del teatro en la cual, más que en otros lados, es evidente la sobreposición de las diferentes obras realizadas en distintos momentos de la construcción del teatro. De una lectura detallada de los tramos de la pared, aún conservados y en relación con elementos con características análogas, es posible remontarse a los orígenes y a dar una datación aproximada.

La pared considerada tiene una longitud de 27 m, en la primera parte, correspondiente a la *cavea* aún en pie en un desarrollo de 20 m de largo por 8 m de altura en el punto más alto, es evidente el uso de la estructura de los muros en *opus caementicium*, actualmente solo revestida en la parte inferior por un paramento que fuera objeto de restauración, en *opus reticulatum*: las características métricas corresponden a los cánones empleados en época augustea, época de la construcción del primitivo teatro (12 a.C.). El paramento en examen está compuesto por pequeños bloques de tufo bien escuadrados, provenientes de la cantera de Monteverde, de forma tronco-piramidal con la base mayor en fachada con dimensiones comprendidas entre 6,5 y 7,5 cm aproximadamente y con un espesor de 10 cm. La textura de los pequeños bloques de tufo, inclinados a 45 grados respecto al plano horizontal, es correcta, pero no determina planos de posición exactamente rectilíneos. El espesor del mortero varía entre 8 y 1,14 cm. A este muro se une a través de dientes irregulares el muro en *opus latericium* correspondiente a los trabajos de ampliación del teatro que tuvieron lugar en la época severiana (192-217). La pared de dimensiones equivalente a 7,75 m de largo, correspondiente a la medida de la *summa cavea* por cerca de 3 m. de altura, presenta un gran arco estructural construido en *bipedales* (2 pies romanos: 59,2 × 59,2 cm) de color rojo bruno de longitud variable, entre 57 y 59 cm, con un espesor comprendido entre 2,5 y 3,3 cm; el espesor del mortero también variable de 0,5 a 2,5. El paramento horizontal está realizado en *bessales* (2/3 de pie romano: 19,7 × 19,7 cm) cortados y dispuestos en fachada según la diagonal aproximada entre 25 y 27 cm. Las junturas, mas abundantes varían de 2,5 a 3,3 cm, la variación de espesor depende de la mayor o menor horizontalidad de las hiladas. Una confirmación de su construcción en época severiana está determinada por la amplitud del módulo que corresponde a 5 hileras de ladrillos, más los espesores de las juntas de mortero, determinan una longitud que varía entre 21 y 22 cm.

Del espesor de dos gruesos bloques de muro, emerge con una longitud de 2,30 m y un espesor de 40 cm, un pequeño tramo de pared en *opus mixtum* (figura 3) presumiblemente correspondiente a la estructura portante de la bóveda de cañón corrido que cubría los *parodoi*. El paramento está constituido por la alternancia irregular de pequeños bloques de tufo de forma paralelepípeda y de aproximadamente 13 × 7,5 u 8,5 cm, y de ladrillos *bessales* (entre 25 y 26 cm) dispuestos a lo largo de una diagonal, de color variable del rojo vivo al amarillo. La variación cro-

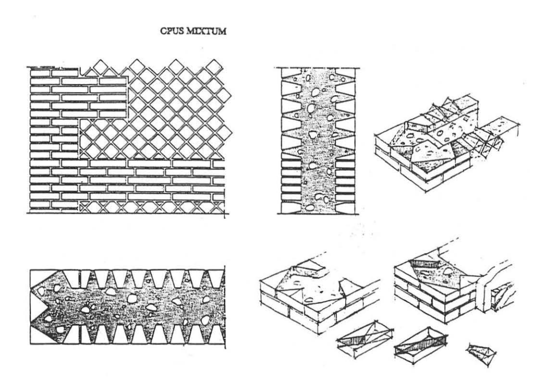


Figura 3
Ostia, Italia. Detalle gráfico de la pared derecha de la *cavea* construida en *opus mixtum*

mática depende de los materiales ya empleados y cuyo uso, alternado a los pequeños bloques de tufo, caracterizan con fecha incierta dicha estructura de la pared.[10]

El espesor del mortero, construido con pedregullo y fragmentos de barro cocido en los otros muros, varía entre 2 y 3 cm. La pared está interrumpida por el empedrado corredor anular que lo separa del robusto basamento de tufo en *opus quadratum*, y sostiene el primer arco de ladrillos de la fachada curvilínea del teatro.

El tercer edificio considerado en nuestro estudio, corresponde a la tipología de la *insulae* que se difundieron en Ostia durante los siglos I y II d.C.[11] Al comienzo cada unidad estaba constituida por un patio interior que, no obstante el frecuente uso de columnas a su alrededor, no tenía una relación con el peristilo tradicional: su función es esencialmente la de patio de luz para las habitaciones que se abren sobre el mismo. En este caso el estudio de la técnica constructiva de los muros corresponde a la insula de Dioniso, que se encuentra ubicada en un complejo mucho más amplio, el patio de Dioniso, ocupado en el siglo II a.C. por una domus. En la época adrianea, en la parte anterior de dicha domus sobre el decumano se construyen una serie de tabernas, ocupando como consecuencia, el espacio del antiguo atrio de la misma. El peristilo de la domus se ha conservado parcialmente pero las diversas reconstrucciones lo han transformado en un patio interior. En el siglo II la construcción de la insula de Dioniso ocupará el ambulacro nordeste de dicho patio (figura 4). La

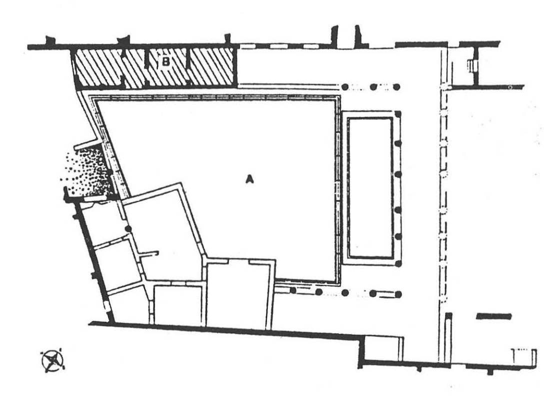


Figura 4
Ostia, Italia. Planta: *Insulae del Dioniso*. A. patio de Dioniso. B. Insula de Dioniso

planta es muy simple: cuatro pequeñas habitaciones alineadas y divididas por tabiques, con un único ingreso desde el patio. El trozo de muro, objeto de nuestro estudio, se encuentra en la habitación ubicada al lado derecho del ingreso, en la misma se puede observar la técnica constructiva del muro con detalle, debido a un derrumbe de una parte de la pared que limita con otras construcciones posteriores (figura 5). El interés que presenta dicho estudio atañe múltiples aspectos:

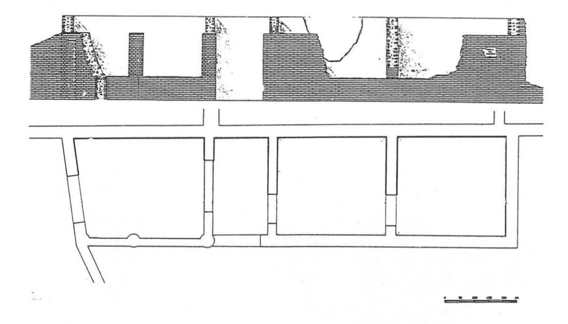


Figura 5
Ostia, Italia. Relevamiento de *Insulae del Dioniso*. Planta y fachada.

a) el parcial caída del revoque, que originalmente recubría la entera superficie, permite la lectura del *opus reticulatum* en la parte superior y de algunas hileras del *opus latericium*;

b) el derrumbe de la pared permite ver en sección los materiales que la componen;

c) en el tramo inferior el *opus latericium* aún está revestido por una buena parte de revoque, cuyo espesor total es de aproximadamente 5 cm además son claramente visibles los estratos sobrepuestos a lo largo de la fractura;

d) la parte del revestimiento superficial que ha permanecido intacto se ven trazas de pintura: dibujos geométricos y una representación naturalística.

Considerando su aspecto técnico constructivo, se trata de una típico muro romano, realizado con mortero arrojando dentro del paramento de ladrillo hasta la altura de 143 cm y el *opus reticulatum* en el tramo superior, interrumpido en el tramo final por cinco hileras de ladrillos,los cuales tienen forma triangular, y presentan dimensiones variables. También se puede notar en la pared una cierta irregulari-

dad y un amplio uso del mortero en los estratos intermedios.

La pavimentación de las cuatro habitaciones de la insula esta completamente construida en mosaico, con teselas de mármol blancas y negras. En las tres primeras habitaciones el *opus tessellatum* se compone de diferentes esquemas geométricos, uno para cada habitación (figura 6). La técnica de realización consistía en fijar las teselas, *tessellae*, en este caso no todas perfectamente cúbicas y regulares en el *nucleus*, el estrato final del piso, con mortero formado con pequeños trozos de barro cocido, perfectamente nivelado.

Se podría continuar en otra oportunidad con el estudio de la técnica constructiva de muros y pavimentos de múltiples edificios de la ciudad romana de Ostia, como así también de otros aspectos de la construcción como por ejemplo el estudio de las cubiertas y el uso de otros materiales de construcción que aquí no han podido ser considerados.

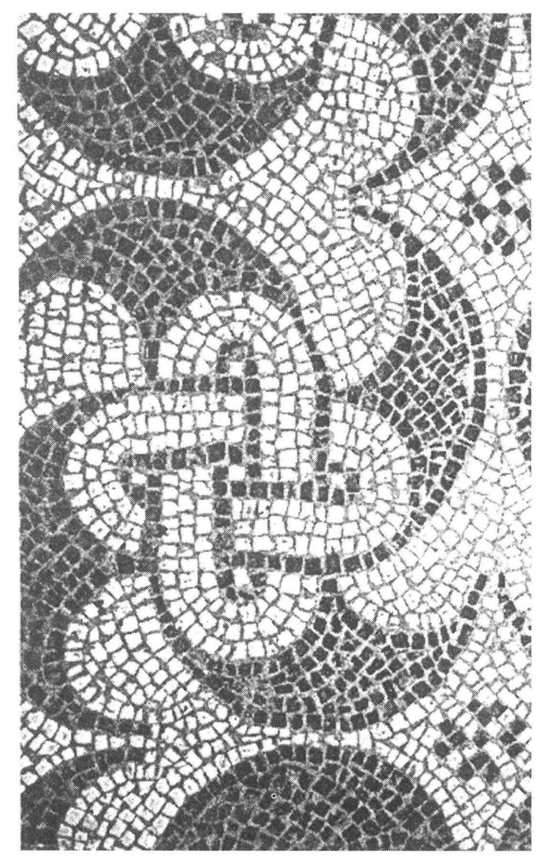


Figura 6
Ostia, Italia. *Insulae del Dioniso. Opus tessellatum.* Esquemas geométricos del piso de una de las habitaciones.

NOTAS

1. Sobre la historia de la ciudad de Ostia y su importancia existe una amplia bibliografía, entre los textos más tradicionales podemos mencionar: Paschetto, L., *Ostia colonia romana, storia e documenti*, Roma 1912; G.Calza, *La statistica della abitazioni in Roma Imperiale*, en «Rend. Linc.», Roma 1917, pág 60 y sgts; L.Pareti, *Storia di Roma*, t.IV, Turín 1955; S. Mazzarino, *Trattato di Storia Romana*, t.II, Roma 1962; G.Calza, G.Becatti, *Itinerari dei musei, gallerie e monumenti d'Italia. Ostia*, Roma 1968.
2. Bajo el emperador Adriano la ciudad de Ostia se presenta, desde el punto de vista urbanístico, como uno de los mejores ejemplos, pues representa una «macroscopia della società italiana del I secolo». Cfr. Levi, M. A., *L'Italia Antica*, Milán 1968, pág. 401.
3. «...antoniniane sono le costruzioni dei grandi archi divisori della sala a cupola nelle terme dei Sette Sapienti, che si allargano fino a raggiungere il Caseggiato degli Aurighi». In F.Pasini, *Ostia Antica. Insule e Classi Sociali*, Roma 1978, pág. 94.
4. «Il focolare o *praefurnium* (Vitruvio, v, 10) funziona nel sottosuolo entro un vano di servizio ventilato e concepito per ricevere una notevole quantità di combustibile, carbone di legna». In J.P.Adam, *L'Arte di costruire presso i romani. Materiali e tecniche*, traducción al italiano del original en francés *La construction romaine. Materiaux et techniques*, por Guidobaldi, M. P., Milán 1989, pág.291.
5. Pasini, F., *op.cit.*, pág. 85.
6. Vitruvio cuando se refiere al mosaico recuerda sólo las teselas, *tesserae*, que representan uno de los materiales que pueden ser fijados en el *nucleus* (VII, 1), el cual debe ser cuidadosamente nivelado; el arte de quien construye el mosaico da en realidad mucha importancia a la calidad de la superficie, pero no por ello se debe dejar de lado el refinamiento y la composición artística de las teselas. Cfr. Adam, J. P., *op. cit.*, pág. 253.
7. Marta, R., *Tecnica Costruttiva Romana*, Roma 1991, págs 46-50. Define el término pavimento como «pavimentum, identifica una struttura architettonica a carattere costruttivo e decorativo disposta orizzontalmente a definire un ambiente interno od esterno» y agrega además una clasificación, según el uso y el material empleado, así al pavimento construido en *opus tessellatum*

lo define como «composti di tessere, tesselae, cubiche e regolari ad uno o più colori».

8. Cfr. Lugli, G., *La Tecnica Edilizia Romana*, T.II, Roma 1957, Tab.CLXX.
9. Cfr. *Ibídem*, T.I, pág.497.
10. Cfr. *Ibídem*, pág. 613-614.
11. Se da una definición del término *insulae* con el significado de unidad habitacional actual, semejante al palacio medieval italiano: «L'*insula* era abitata da diverse famiglie, e di conseguenza non esisteva il *piano nobile*, e il pianterreno veniva affittato per usi commerciali», en J.B.Ward Perkins, *Architettura Romana*, traducción al italiano del original en inglés por Basigalupo, A., Venecia 1974, pág.194. Pero la necesidad de construir más pisos por la lógica consecuencia del aumento de la población, lo encontramos en Vitruvio, *De Architettura*, II, 8, 17; «In ea autem maiestate urbis et civium infinita frequentia innumerabiles habitationes opus est explicare».

La construcción de los ábsides de iglesias mudéjares de ladrillo

María Soledad Camino Olea
Roberto García Barrero

Al sur de la provincia de Valladolid, en el límite con la provincia de Segovia, y separadas entre sí menos de 30 kilómetros se levantan varias iglesias en el estilo que se suele denomina, románico-mudéjar, con unas características muy similares (figura 1).

Son las iglesias de:



Figura 1
Provincia de Valladolid con la localización de las iglesias

San Boal de Pozaldez, del segundo tercio del siglo XIII.

San Pedro de Alcazarén (en ruinas) de la segunda mitad del siglo XIII.

Santiago de Alcazarén del siglo XII al siglo XIV.

San Andrés Olmedo (ruinas ajardinadas) del siglo XIII.

San Miguel Arcángel de Aldea de San Miguel, que se comenzó a construir a finales del siglo XII.

Santa María de Iscar, también denominada de San Pedro, del siglo XII.

San Miguel de Olmedo del siglo XIII.

La Trinidad Olmedo.

San María de Mojados del siglo XIV.

La Asunción de Almenara de Adaja, del siglo XIII al XVI.

La iglesia de San Juan Bautista de Mojados del siglo XIV.

Las transformaciones que han sufrido estos edificios han sido muchas. De la mayor parte solo se conserva el ábside, mas o menos visto u oculto por otros edificios. Inicialmente los edificios eran de una sola nave con el ábside en dos tramos, uno semicircular y otro, de mayor anchura, recto y que enlazaba con la nave (figura 2).

Ladrillo y aparejo

El aparejo es de tizones con tendeles muy gruesos de 3 a 4 centímetros y llagas de 1 a 2 centímetros. El la-

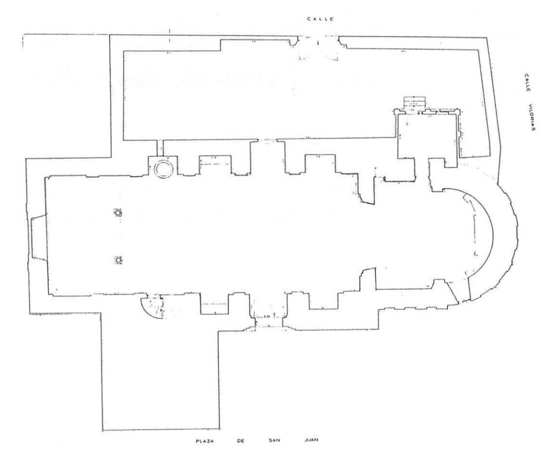


Figura 2
Planta de la Iglesia de San Juan de Mojados

drillo empleado es de tejar de dimensiones y proporciones variables de unos edificios a otros.

Las dimensiones de los ladrillos que se ha podido medir son: 28 × 17 × 4,5 centímetros en la Iglesia en Almenara de Adaja, 30 × 13 × 4 centímetros en la Iglesia en Aldea de San Miguel, 30 × 15 × 3,5 centímetros en la Iglesia de San Juán de Mojados, 30x19x4 centímetros Iglesia en San Miguel de Olmedo, 35 × 17 × 3 a 3,5 centímetros en la Iglesia de San Andrés de Olmedo, 38 × 18 × 3 centímetros en la Iglesia de San Pedro de Alcazarén. De estos formatos de ladrillo parece que lo único que es común es que el grueso es pequeño en relación con el resto de las dimensiones, posiblemente por estar fabricados todos ellos en tejares y épocas diferentes.

ÁBSIDES

El trazado en planta de la zona semicircular del ábside está generalmente formada por un polígono de varios lados. El diámetro exterior del ábside es de unos 10 metros y el interior de unos 7 a 7,5 metros, excepto el de dos de las Iglesias que son algo mas pequeñas y el diámetro exterior no supera los 8 metros. Los espesores de los muros están entre 1,25 y 1,50 metros, alrededor de 4 astas.

Estos muros están construidos con dos hojas de fábrica de ladrillo de un asta de espesor con un relleno de mampuestos y argamasa. No se ha podido comprobar la traba entre las dos hojas, aunque en los huecos si se puede apreciar que estan ejecutados en todo el espesor del muro con ladrillos. Las dos hojas se levantarían al tiempo y posiblemente cada medio nivel de arquillos ciegos, por la disposición de los mechinales, que se situan en el interior de los arquillos y en las enjutas, y al mismo nivel, por el interior y por el 44 exterior.

Estas dos hojas, tanto la exterior como la interior, están construidas con elementos ornamentales basados en el ladrillo:

— sardineles corridos con ladrillo ordinario y con ladrillo moldurado,
— ladrillos en esquinillas, dos hiladas superpuestas y enrasadas,
— arquillos ciegos formados por bandas verticales y arcos con ladrillos colocados a sardinel. Dos arcos concéntricos, remetido el interior respecto del exterior y con el fondo rehundido de igual manera.
— cuadrículas ejecutadas con sardineles corridos y bandas verticales de ladrillos a tizón superpuestos que vuelan del resto de la fábrica,
— modillones formados por ladrillos a tizón, superpuestos, que vuelan escalonadamente.

ÁBSIDE SEMICIRCULAR, HOJA EXTERIOR

La hoja exterior está formada por tres niveles de arquillos ciegos. Estos tres niveles de arquillos pueden tener el mismo eje (figuras 3 y 4) o el nivel central tener el eje contrapeado (figuras 5 y 6). El nivel central es el de menor altura y el superior el de mayor altura. El nivel central tiene tres huecos como saeteras, uno en el eje y otros dos separados de éste dos o tres arquillos ciegos y colocados simétricamente.

El número de arquillos ciegos parece estar relacionado con esta colocación de los huecos. Si los ejes de los arcos de los tres niveles son coincidentes el número de arcos ciegos es impar de 11, 13 o 15 arcos, si el eje de los arquillos del nivel central no coincide con el de los otros niveles, el número de arquillos es par, de 12 arcos. El módulo del arquillo, que es el lado del polígono que forma la planta semicircular, tiene unas dimensiones de 1,20 metros en las iglesias mayores y de 0,95 metros en las mas pequeñas.

Si el número de lados es numeroso, como en la

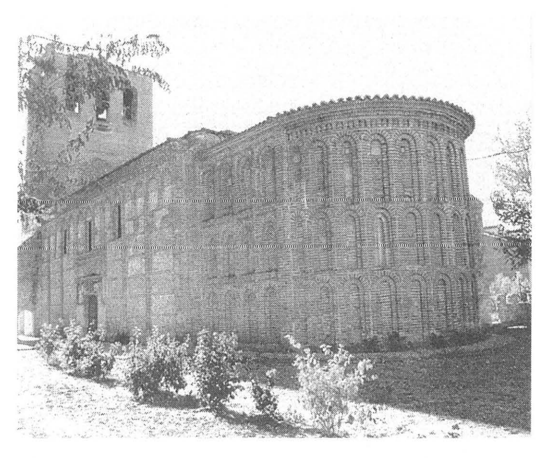


Figura 3
Iglesia de San Miguel Arcángel de Aldea de San Miguel



Figura 5
Iglesia de San Pedro de Alcazarén

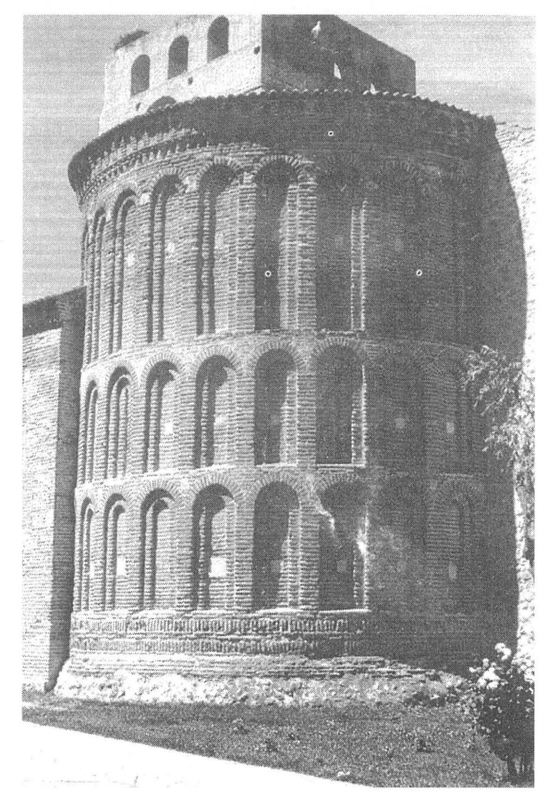


Figura 4
Iglesia de San Andrés de Olmedo

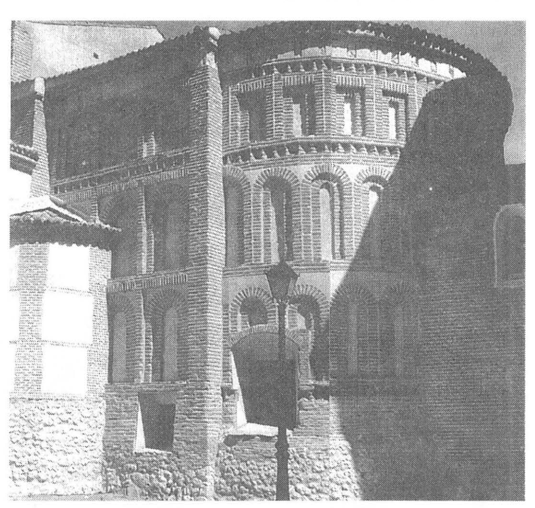


Figura 7
Iglesia de San Miguel de Olmedo

Iglesia de San Miguel de Olmedo, la planta deja de ser semicircular para ser ovalada.

Este módulo de los arquillos ciegos es similar aunque el ladrillo tenga un formato muy diferente.

ÁBSIDE SEMICIRCULAR, HOJA INTERIOR

La hoja interior está formada por dos niveles que coinciden con los dos inferiores de la hoja exterior. Del remate del segundo nivel arranca la bóveda de

horno que cierra el ábside con una altura similar al tercer nivel exterior.

El nivel mas bajo está formado por sardineles y esquinillas enrasadas. El segundo nivel está formado por arquillos de diferentes alturas ajustandos a las dimensiones entre los huecos, por lo que en ocasiones estos arquillos no son todos iguales, como en el exterior (figuras 7 y 8).

Tramo recto del ábside

El tramo recto del ábside tiene características similares en todas las iglesias. La hoja exterior está formada, también, por tres niveles de arquillos ciegos con tres arquillos ciegos por nivel, encerrados en una cuadrícula. La cuerda interior de estos arquillos es de asta y media de ladrillo, mas juntas, en lugar de ser aproximadamente de una soga como en los arquillos de la zona semicircular. La hoja interior no está ornamentada, esta divida verticalmente en dos por un machón central.

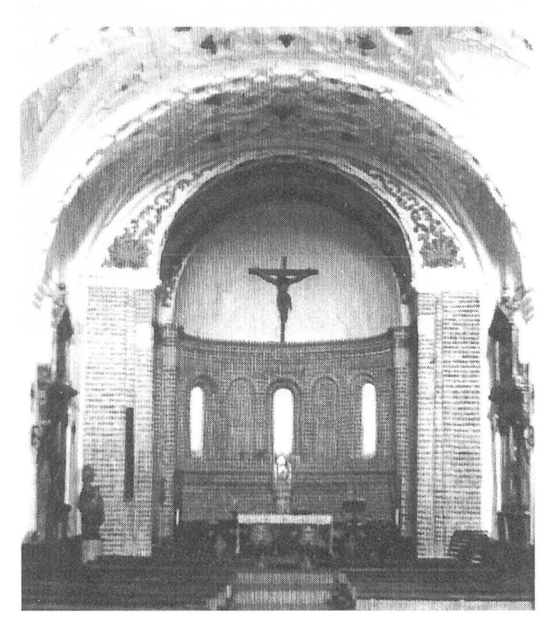


Figura 7
Iglesia de San Miguel Arcángel de Aldea de San Miguel

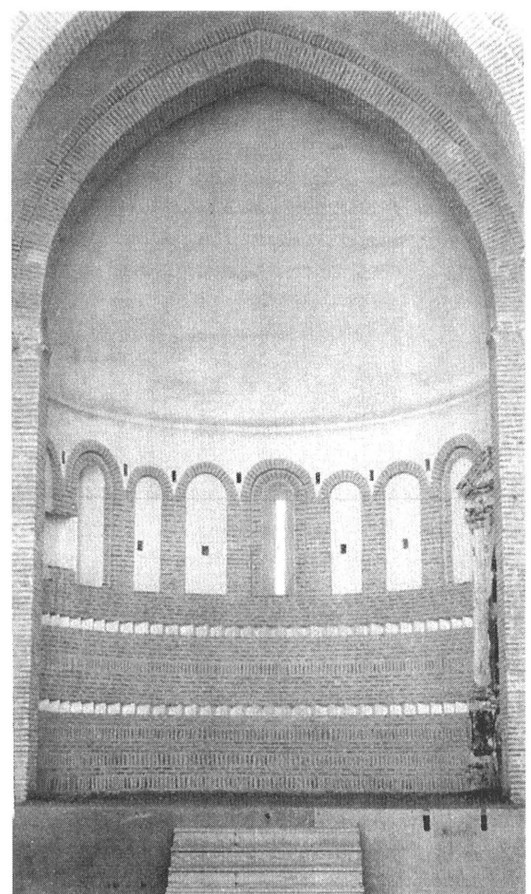


Figura 8
Iglesia de San Anmdrés de Olmedo

Nota

La información histórica se ha tomado del libro *Arquitectura mudéjar en León y Castilla* de Manuel Valdés Fernández, editado por el Secretariado de Publicaciones de la Universidad de León, León 1984 y del *Catálogo Monumental de la Provincia de Valladolid,* editado por la Diputación Provincial de Valladolid.

Proceso constructivo, ornamento y estructura en las armaduras de par y nudillo

Angel L. Candelas Gutierrez

El presente estudio forma parte de un proyecto de investigación más amplio que pretende analizar los sistemas constructivos utilizados en la ejecución de armaduras de cubierta. Tratamos de buscar antecedentes, en distintas culturas, de la tradición carpintera que nos lleven a desentrañar la génesis de estos sistemas. Entendemos que el análisis del sistema constructivo y su evolución permite establecer criterios objetivos, en contraposición a los estudios que puedan efectuarse tan sólo a partir de la investigación de los aspectos ornamentales de los elementos.

La construcción de armaduras, capaces de salvar luces de hasta 10 metros, requiere técnicas específicas, indisolublemente ligadas a las herramientas (hachas, sierras, cartabones,...) con las que el carpintero cuenta para efectuarlas. Este conjunto de técnicas-herramientas es propio de cada cultura: así, podemos oponer, como casos extremos, la tradición centroeuropea, de todos conocida, y la japonesa, en la cual las uniones tienden a formar nudos rígidos con un sistema de ajustes prácticamente imposible de conseguir con las herramientas centroeuropeas. Los elementos ornamentales, al no estar sujetos a una ejecución mediante herramientas específicas, presentan menos inconvenientes para su asimilación por culturas o épocas distintas, siendo por tanto una vía menos fiable para el estudio objetivo de las armaduras.

Queremos hacer una distinción entre dos tipos básicos de armaduras: *las armaduras a base de cerchas y correas,* que era la estructura de cubierta habitual en el siglo XV en una zona de gran producción arquitectónica como fue el Norte de Italia, y que llegó a denominarse «capriata palladiana», y *las armaduras de pares* que aparecen en centroeuropa y en el territorio de la España actual. Nuestro trabajo se centra en estas últimas.

Nos estamos refiriendo a aquellas estructuras de cubierta que, por derivación del sencillo sistema de par e hilera, alcanzan formas estructurales más complejas basadas en el sistema de par y nudillo, conformando la cubierta lineal de una nave o cubiertas prismáticas —ochavadas en la mayoría de los casos—, para zonas concretas (ábside, salones,...). Queremos expresamente evitar la utilización del término *mudejar* para su calificación, pues entendemos que, en el caso de las armaduras, no identifica correctamente un período histórico (las armaduras se producen desde el siglo XIV hasta el XVIII), ni una determinada autoría.[1]

En estas páginas, nos proponemos estudiar las condiciones de estabilidad de las armaduras de cubierta, analizando la forma de construirlas y efectuando observaciones sobre las implicaciones entre estructura y ornamento.

Ejemplares de referencia

Como base gráfica de este trabajo, hemos seleccionado los tres edificios religiosos de la provincia de Huelva que a continuación describimos brevemente:

a) Iglesia de San Francisco (Ayamonte). Se trata de una iglesia del siglo XIV, de nave única. Existen dos armaduras diferenciadas, ambas apeinazadas, una en el ábside y otra en el conjunto de nave y coro. En el ábside encontramos una *armadura ochavada de cinco paños,* con unas dimensiones de 9.95 × 11.30 metros. El almizate está relleno con ruedas de ocho (figura 1), mientras que en los faldones encontramos varias bandas entrelazadas con estrellas de ocho (figura 6). La nave central sigue el esquema de *cinco paños con tres zonas de almizate y faldones tratadas con lacería,* el almizate con ruedas de dieciseis (figura 2) y los faldones con bandas de estrellas de ocho; esta armadura tiene continuidad hasta el coro, donde enlaza con una *armadura semiochavada* que reproduce el esquema del ábside. Los tirantes son de hierro forjado.

b) Iglesia de las Angustias (Ayamonte). Se trata de una iglesia de tres naves y ábside. Las cubiertas de las naves laterales están resueltas *como colgadizo.* En la nave central, de 8.85 metros de luz, encontramos una *armadura de par y nudillo con zonas de lacería de ocho,* tanto en faldones como en almizate. Estas zonas aparecen en el segmento central de la nave y en ambos extremos. Existen dobles tirantes de madera con trabajos de lacería. El ábside se cubre con una hermosa *armadura ochavada* de 8.85 × 10.30 metros, con lacería policromada basada en ruedas de diez en todas las superficies.

c) Iglesia de Madre de Dios del Vado (Gibraleón). Se trata de una iglesia, desde hace tiempo abandonada y en estado ruinoso, fundada en 1587. Es de nave única con tres zonas diferenciadas: el ábside, la nave y el coro. En el ábside, encontramos una bóveda de yeso. La nave se cubre *con armadura de par y nudillo,* apareciendo en su almizate un sistema que aparentando ser ataujerado incluye peinazos, tratamiento este que se sale de la técnica tradicional. El coro se resuelve con estructura similar a la anterior, pero esta vez el almizate se ejecuta con una zona apeinazada con ruedas de ocho (figura 3). Esta estructura, al estar parcialmente derruida, nos ha permitido observar detalles habitualmente ocultos. En la

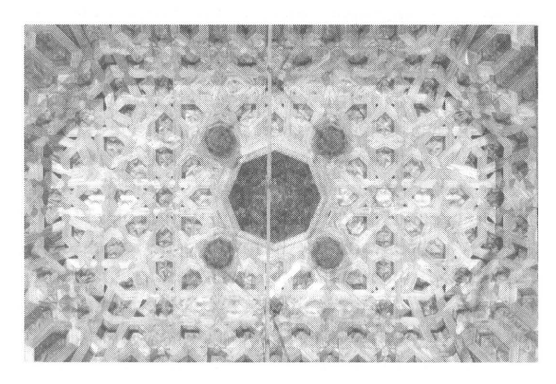


Figura 1

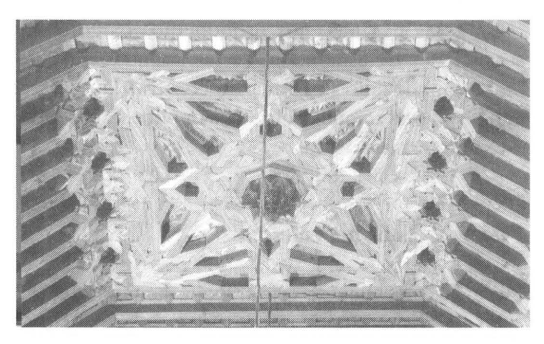


Figura 2

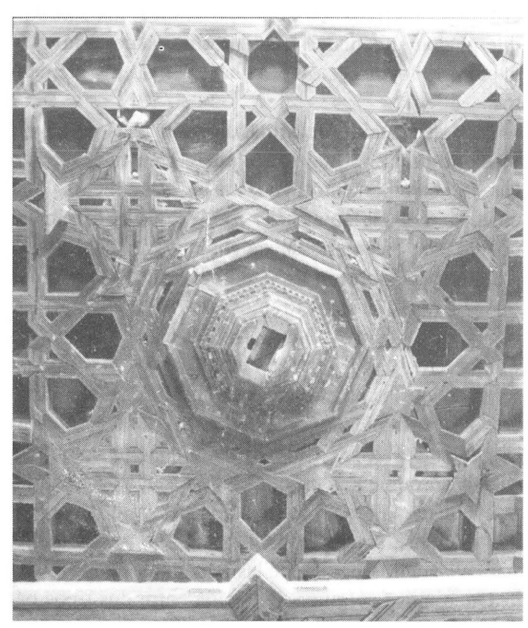


Figura 3

misma iglesia, hemos encontrado abandonado en el suelo, bajo una considerable capa de escombros, un sector de armadura que nos ha permitido analizar en detalle, entre otras cuestiones, los sistemas de unión empleados.

Comportamiento estructural y proceso de construcción

La armaduras de par e hilera tienen, por una parte, el problema del deslizamiento de los pares y, por otra, el de la flexión a la que están sometidos estos elementos. La introducción del nudillo disminuye notablemente el momento flector que solicita al par, y trabajando a compresión, solidariza los faldones opuestos, mejorando el comportamiento frente a acciones horizontales. Ambos esquemas estructurales necesitan la introducción de tirantes que impidan la trasmisión a los muros de una acción horizontal, la cual obligaría a un mayor grueso de estos.

El conjunto de pares y nudillo es una unidad estable en su plano. Sin embargo, durante el proceso de montaje, se hace necesario algún tipo de arriostramiento que impida el vuelco en un plano perpendicular, vuelco que debía ser habitual pues incluso Lopez de Arenas utiliza específica y acertadamente el término «remarse» para referirse a este hecho. La estabilización durante el montaje se podría conseguir, bien utilizando arriostramientos provisionales entre los pares, o bien mediante el anclaje de la hilera en el muro testero y la continuidad de ésta a lo largo de toda la nave.

El resultado una vez terminada la cubierta es totalmente estable. Dan fe de ello los innumerables ejemplos de armaduras que, sin ningún tipo de lacería, perduran hasta nuestros días. Siendo así, nos preguntamos qué interés puede tener la complejidad que representa ejecutar entramados de lacería apeinazados, con piezas de madera estudiadamente ensambladas. En nuestros días, ni siquiera en la producción de determinados arquitectos, se justifica crear una complejidad estructural sin una necesidad objetiva. La mentalidad de los siglos XIV al XVIII no difiere mucho, en este aspecto, de la de nuestra época. Por ello, planteamos la hipótesis de que esta complejidad obedezca, por una parte, al sistema de fabricación de los paños y por otra, a la necesidad de dotar de estabilidad a la construcción desde el comienzo de su montaje.

Los elementos de un almizate y su cometido estructural.

Veamos cómo está construido un paño entrelazado con ruedas de lacería. Observamos para ello los almizates de las figuras 1, 2 y 3.

El elemento estructural mas importante es indudablemente *el nudillo,* el cual, comprimido por la flexión de los pares, solidariza los faldones opuestos. Los nudillos se encuentran unidos entre sí mediante *los peinazos,* piezas de madera de longitud exactamente igual a la distancia entre nudillos —ancho de la calle—, dotadas de unas espigas que se introducen hasta media madera, en un hueco practicado al efecto en el nudillo. Los peinazos hacen colaborar al conjunto de nudillos apeinazados en la absorción de la flexión en el plano horizontal que llega al nudillo extremo por el apoyo de las manguetas. En cada unión entre peinazo y nudillo se ubica una *pieza prismática de base triangular* firmemente clavada a ambos elementos. La configuración obtenida una vez ensamblados una serie de nudillos y peinazos, produce un emparrillado con un alto grado de indeformabilidad.

Los taujeles (halibas, aspillas,...), situados en el plano inferior del almizate y clavados simultáneamente sobre nudillos y peinazos, proporcionan adicional estabilidad al conjunto.

Las piezas de relleno (almendrillas, candilejos,...), aún sin cometido estructural aparente, colaboran en la consecución de un elemento estructural continuo: el almizate.

La cubierta terminada incluye *la tablazón,* sobre la que se sitúan las tejas. Este elemento, que se coloca una vez terminada y montada la armadura, es el que, en las más simples cubiertas de par y nudillo, se encarga de estabilizar los conjuntos de pares-nudillo (impidiendo que se *remen*), y es el que, en las naves donde aparecen zonas apeinazadas, une los conjuntos sueltos con las zonas de faldón y almizate apeinazadas.

En la figura 4 representamos el aspecto final y los elementos estrictamente estructurales de la zona de almizate con lacería de la nave de la iglesia de San Francisco.

En la figura 5 reproducimos el mismo esquema anterior referido a uno de los paños inclinados de la misma nave.

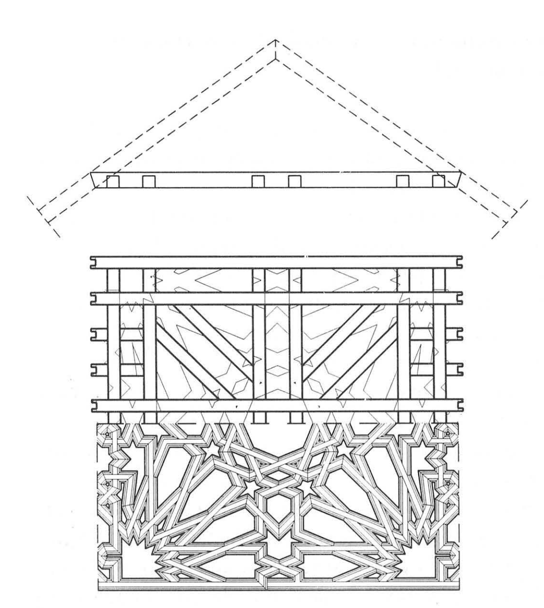


Figura 4

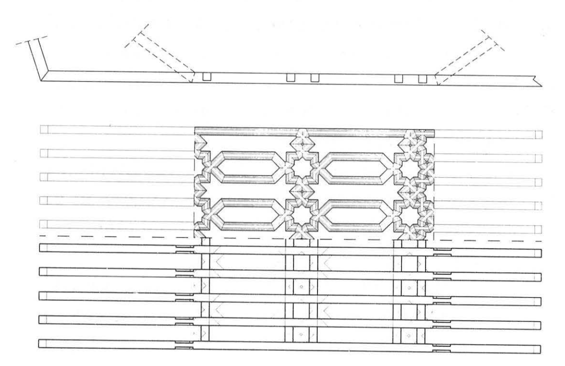


Figura 5

El proceso de montaje

La ejecución de la lacería, salvo en las armaduras ataujeradas, requiere una serie de operaciones cuya dificultad de elaboración, una vez terminada y colocada la armadura de cubierta, puede intuir cualquiera que esté medianamente familiarizado con trabajos de carpintería.

Sin embargo, resulta una operación relativamente sencilla ir colocando sobre el suelo o sobre una mesa de trabajo, los pares —o nudillos, en el caso del paño de almizate— una vez labrados con los rebajes necesarios para introducir los taujeles y con las ranuras correspondientes; intercalar los peinazos; fijar los prismas triangulares; y añadir las piezas de relleno.

La construcción en suelo de la armadura obliga a que cada paño terminado respete una serie de condicionantes: por una parte, los derivados de la necesaria indeformabilidad para las operaciones de izado y puesta en su posición definitiva, y por otra, los derivados de su posterior conexión al resto de los elementos. Como repuesta a este último condicionante, aparecería la duplicación de las limas (limas moamares), en el caso de armaduras de mas de dos paños.

Hemos visto que *por la conjunción de una necesidad ornamental —la lacería— y otra constructiva —la ejecución en suelo—, surge una de tipo estructural: la indeformabilidad.* Imaginamos que simultáneamente surgiría la idea de utilizar esta necesaria indeformabilidad para simplificar el proceso de montaje.

La hipótesis de trabajo que planteamos es que el carpintero debía efectuar en primer lugar aquellas zonas de la cubierta que contienen motivos ornamentales. La definición del lazo conlleva una serie de decisiones que afectan a toda la armadura: anchos de cuerda y calle, cartabón de armadura,... No podemos olvidar situarnos en el contexto de los conocimientos que manejaba el carpintero, y por tanto debemos tener en cuenta el hecho de que estas armaduras se ejecutaban sin el auxilio de una documentación gráfica previa. Esta ausencia de planos es la que obligaría a ejecutar en primer lugar los paños de almizate y los faldones con lacería.

La zona de almizate con lacería terminada se elevaría hasta situarse sobre una plataforma auxiliar a la cota exacta definitiva. La determinación de esta cota sería bien sencilla, pues no olvidemos que el carpintero, para la construcción del almizate, ha tenido que definir el ángulo de corte del nudillo en su encuentro con la alfarda y la longitud e inclinación del par. Los paños que contienen a las alfardas, rigidizados, como hemos dicho, por medio de la lacería apeinazada, se izarían de modo que, colocando la barbilla en el estribo y girándolos, se encontrarían con el almizate. La unión par-nudillo se efectuaría sin problemas, gracias a la coordinación dimensional a la que el carpintero se obliga para mantener el trazado decorativo. La zona de cubierta así terminada es altamente estable, permitiendo continuar el proceso de colocación de conjuntos de pares y nudillos, sin necesidad de arriostramientos externos.

La figura número 6 corresponde a la iglesia de Madre de Dios del Vado. En ella, y paradójicamente gracias a la lamentable desaparición de una zona de la cubierta, podemos observar, en primer lugar, que la zona de almizate con lacería ha permanecido estable, y en segundo lugar, que no se aprecia ninguna muesca o hendidura en los pares y en el nudillo extremo, que permita deducir algún tipo de conexión distinto de la hilera, entre lo que podemos denominar la zona de armadura con almizate prefabricado y el resto de los pares y nudillos ahora desaparecidos. Creemos que ello corrobora la hipótesis antes avanzada.

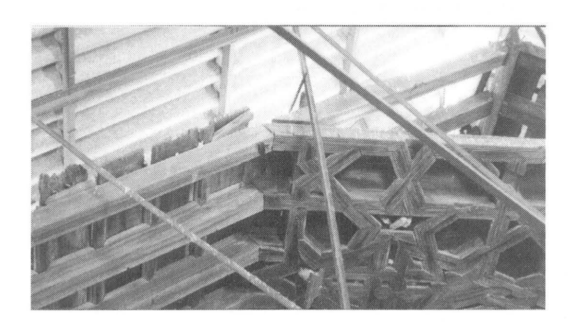


Figura 6

ORNAMENTO, CONSTRUCCIÓN Y ESTRUCTURA

Observamos que en muchos ejemplos (Iglesia de las Angustias e Iglesia de San Francisco, en nuestro caso), aparecen paños apeinazados de lacería en los extremos y en la zona central de las naves. Aquí se conjugan simultáneamente elementos formales, constructivos y estructurales. *Desde un punto de vista formal,* ¿qué sitios pueden ser mas adecuados para situar el ornamento que frente a la puerta lateral —la mas utilizada— y en ambos extremos de la nave?. *Constructivamente,* tiene bastante sentido comenzar estabilizando un extremo, continuar con pares y nudillos sueltos, unidos por la hilera a la zona estabilizada, y cuando la distancia empieza a ser importante, colocar una nueva zona indeformable en la sección central de la nave. *Estructuralmente,* vemos claramente plasmados criterios que hoy usamos para situar los pórticos de atado en nuestras estructuras: en los extremos de un edificio y en pórticos intermedios para longitudes importantes.

Por otra parte, hay un aspecto de la conjunción entre ornamento y estructura en los paños de lacería que queremos destacar. En una armadura apeinazada, el aspecto externo lo proporcionan simultáneamente cuatro tipos de elementos: los elementos propiamente estructurales —pares, nudillos, peinazos—, los elementos que maclándose con los anteriores conforman el trazado de la lacería —taujeles—, los prismas triangulares y las piezas de relleno. Estas últimas, a nuestro entender, tienen una importante misión: se encargan de ocultar aquellas zonas estructurales cuya visión entorpecería la apariencia de

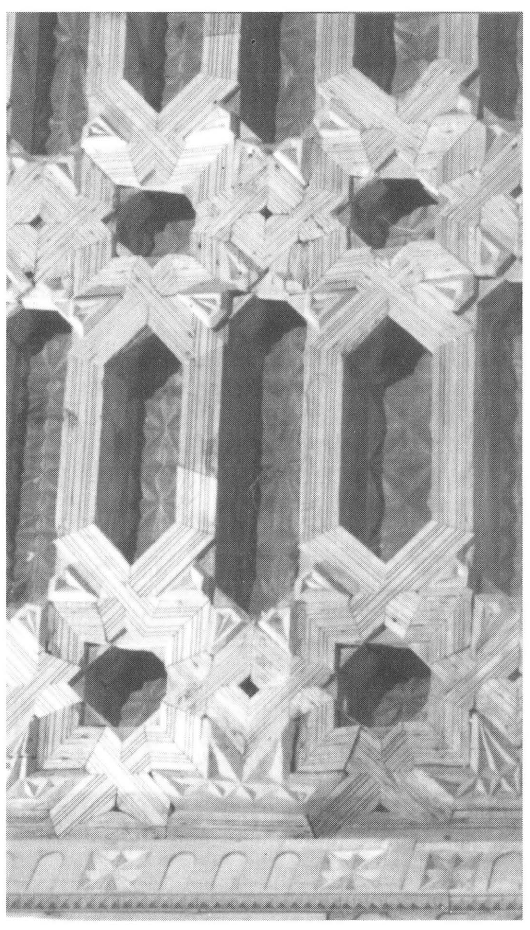


Figura 7

continuidad del trazado del lazo. En la figura 7, es el caso de las almedrillas en relieve que rodean cada estrella de ocho. Los prismas triangulares, además de la misión estructural indicada en el punto 3.1, permiten que, por ejemplo en el caso de las estrellas de ocho de la misma figura, la estrella se materialize además de en el plano inferior del almizate, en un plano situado unos dos centímetros por encima (el grueso de los taujeles).

En definitiva, el carpintero, aún siendo consciente de la importancia de la estructura que ha conseguido ejecutar, opta por primar el aspecto formal y pretende dejarnos con el interrogante del comportamiento estructural, lo cual aumenta si cabe el interés de estas bellas armaduras.

Bibliografía

Nuere, E. (1985), *La carpintería de lo blanco, lectura dibujada del manuscrito de Lopez de Arenas.* Ministerio de Cultura. Madrid.

Zocconi, M. (1972), «Tecniche costruttive nell'architettura Palladiana», en *Bollettino del centro internazionale di studi di architettura Andrea Palladio,* nº XIV, Pg 271-291. Vicenza.

Notas

1. En el prólogo de E. Nuere a la edición facsimil de *El lazo en el estilo Mudejar* (J. Galiay), encontramos una interesante aproximaciíon a la autoría cristiana o musulmana de este tipo de estructuras.

Planimetría de las iglesias románicas de la provincia de A Coruña

María del Pilar Carrillo Lista
J. Ramón Ferrín González

Todo estudioso del románico rural gallego tropieza con la dificultad que plantean los estrechos límites en que ha de trabajar, es decir, la habitual ausencia de documentos referidos a la construcción de las iglesias, las modificaciones y restauraciones que han sufrido los edificios a través de los siglos y la inevitable imprecisión que ambas circunstancias ocasionan en algunos momentos.

Hasta hace algunas décadas, el arte románico gallego era uno de los grandes desconocidos del patrimonio español a todos los niveles, no sólo por la escasez de publicaciones al respecto, sino también porque se daba por supuesto que todo él emanaba de la influencia ejercida por la catedral de Santiago de Compostela.

El gran desarrollo que experimentó este estilo desde fines del siglo XI y durante todo el XII se vio favorecido por una situación sociopolítica caracterizada por la paz y la estabilidad. Los monarcas Alfonso VII (1126-1157), Fernando II (1157-1188) y Alfonso IX (1188-1230), educados por ayos gallegos pertenecientes a la poderosa familia condal de los Traba, fomentaron el desarrollo de villas y ciudades, creando unas y repoblando otras, actividad en la que también contaron con la colaboración de los prelados de las diócesis gallegas. Baste recordar el enorme protagonismo ejercido por la sede compostelana, desde el mismo momento del ascenso de Gelmírez al obispado de Santiago (1100) y su posterior nombramiento como arzobispo (1120), quien realizó una importante labor como restaurador de iglesias en toda la diócesis.[1]

Esta dinámica constructiva continuó con fuerza a lo largo de la duodécima centuria y, en especial, en la segunda mitad del siglo, momento en el que se construyeron la mayoría de las iglesias románicas de Galicia, aunque este impulso siguió vigente en el primer cuarto del siglo XIII.

El resultado de esta coyuntura favorable fue una fiebre constructiva y restauradora que generó una gran demanda de personal especializado, aunque de muy diversa formación y pericia a la hora de desarrollar su labor. Los talleres itinerantes de canteros legaron multitud de obras de muy desigual calidad. De entre las conservadas, la mayor parte de ellas no tienen demasiadas pretensiones artísticas, pero sí una frescura y originalidad en los temas que las hace dignas de la mayor atención.

Dos edificios del siglo XI[1]

Bien poco nos ha llegado de lo que fue el románico del siglo XI en A Coruña, que ha quedado reducido a dos iglesias: San Antolín de Toques[2] (Toques) y San Juan de Vilanova[3] (Miño).

La persistencia de la tradición prerrománica gallega se manifiesta en la subsistencia de la planta de nave única con cabecera rectangular, como sucede en San Antolín de Toques, también conocida como A Capela. Se trata, con gran probabilidad, de una construcción altomedieval de nave y ábside rectangulares, que aúna elementos hispanovisigodos, asturianos y

mozárabes, posteriormente remozada en la undécima centuria. La concepción del espacio sigue el modelo prerrománico, con una capilla de reducidas dimensiones y comunicada con la nave por medio de un angosto arco triunfal. En este ábside el oficiante se separaba del pueblo, quedando incluso oculto durante algunos momentos de la liturgia.

Mientras Toques se enraíza en la tradición altomedieval, San Juan de Vilanova puede considerarse «como puntal de paso entre lo prerrománico y lo románico»,[4] por introducir por primera vez en la provincia un ábside semicircular sin tramo recto en un edificio de nave única. Lo característico de Vilanova es la gran amplitud de su arco de ingreso al presbiterio. Esta innovación se debe al cambio de liturgia, que perseguía una mayor comunicación entre el oficiante y el pueblo, permitiendo a la vez una mayor relación entre la capilla y la nave.

Los edificios del siglo XII

En el siglo XII, sobre todo en su segunda mitad, se construyeron la mayor parte de los edificios románicos gallegos. Atendiendo a su planta se pueden agrupar en tres grandes tipos: las iglesias más sencillas son las de nave y ábside únicos; un segundo apartado lo constituyen las de planta basilical; finalmente, en el tercer grupo se encuentran las de planta de cruz latina, cuyo máximo exponente es la catedral de Santiago de Compostela, ejemplo único en su género en España.

Iglesias de nave única

La mayoría de las iglesias románicas gallegas presenta una sola nave y un ábside *rectangular,* lo que supone un planteamiento organizativo de la arquitectura más cercano al del mundo prerrománico, así sucede en San Pedro de Leis (Muxía). En el interior del presbiterio suele aparecer un arco fajón que refuerza la bóveda, sostenido por dos semicolumnas que se acusan en planta, como en San Cosme de Sésamo (Culleredo) o San Martín de Tiobre (Betanzos) (figura 1). Éstas suelen tener su correspondencia exterior en dos contrafuertes prismáticos, aunque no siempre es necesaria la presencia de las columnas para que éstos aparezcan, tal es el caso de San Vicente de Elviña (A Coruña).

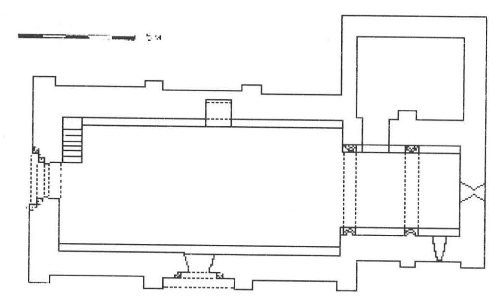


Figura 1
Planta de San Martín de Tiobre (según E.T.S.A. de A Coruña)

En este apartado merece especial mención San Tirso de Oseiro (Arteixo), edificio en el que aparece un tramo rectangular intermedio entre la nave y el ábside, todos a distintos niveles.

Otro grupo de edificios es el formado por aquellos con ábside *semicircular,* precedido en todos los casos de un breve tramo recto que puede ser destacado en planta, como en Santa María de Melide o Santa María de Cuíña (Oza dos Ríos) (figura 2). Es frecuente que para contrarrestar empujes de las bóvedas, se adosen al exterior del hemiciclo dos semicolumnas o contrafuertes acusados en la planta. Las primeras aparecen en Melide o San Juan de Caaveiro (A Capela); los segundos se encuentran en San Martín de Andrade (Pontedeume) o Santiago de Reboredo (Oza dos Ríos).

En cuanto a las naves, en los dos casos son sencillas, generalmente con tres puertas, una en cada lateral y otra en la fachada occidental. En algunos edifi-

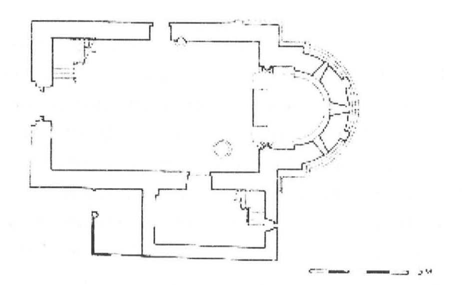


Figura 2
Planta de Santa María de Cuíña (según E.T.S.A. de A Coruña)

cios se encuentran enmarcadas por contrafuertes, como en Tiobre. Excepcionalmente, en el interior aparecen semicolumnas entregas o pilastras adosadas a los muros laterales de la nave, que se corresponden con contrafuertes exteriores, así sucede en Santa María de Dexo (Oleiros), Santa María de Herbón (Padrón), San Pedro de Gonte y Santa María de Portor (ambas en Negreira).

Edificios de planta basilical

En la provincia de A Coruña aparece un número no demasiado elevado de construcciones de tres naves y tres ábsides. En la mayoría de los casos éstos son semicirculares, el central destacado y de mayor tamaño, como sucede en San Martín de Xubia (Neda) (figura 3), San Salvador de Bergondo, Santa María de Mezonzo (Vilasantar), Santo Tomé de Monteagudo (Arteixo) y San Julián de Moraime (Muxía), aunque en este último caso la capilla mayor ha sido sustituída por otra rectangular.

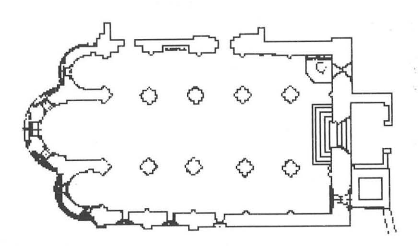


Figura 3
Planta de San Martín de Xubia (según C. Fernández-Gago Varela)

Una variante en este tipo de edificios basilicales es aquella en la que la capilla central no tiene planta semicircular, sino *poligonal,* concretamente semidecagonal, caso de Santa María la Real de Sar (Santiago) y Santiago de Mens (Malpica de Bergantiños).

Como sucedía en el caso de las iglesias de una sola nave, los ábsides se articulan hacia el exterior por medio de contrafuertes o semicolumnas adosadas, entre las que se intercalan ventanas. Xubia es un caso particular, ya que combina ambos contrarrestos, utilizando los contrafuertes prismáticos en la mitad inferior, sobre los que descansan semicolumnas

Lo más frecuente es que las capillas se abran directamente a las naves. Éstas se dividen entre sí por medio de pilares compuestos de sección cuadrangular, con columnas adosadas en cada una de sus caras. Sobre ellas tienden arcos formeros y fajones que descansan en responsiones de los muros, que se corresponden con contrafuertes por el exterior. Un caso singular en la provincia es el de Santiago de Mens, ya que sus naves aprovechan los pilares de un edificio prerrománico anterior.

Gracias al uso del pilar compuesto, el espacio se articula en tramos, una especie de módulo que se repite a lo largo de las naves y constituye uno de los logros de la arquitectura románica frente al mundo altomedieval. Sin embargo, no todos los tramos tienen iguales dimensiones, en algunos edificios se genera un espacio de mayor anchura situado ante las capillas, aunque no se puede considerar un transepto, puesto que no sobresale en planta, como sucede en Mezonzo y Monteagudo.

A veces se producen cambios de planteamiento, como en Monteagudo (figura 4), templo proyectado originariamente con al menos cuatro tramos de los que todavía se conservan algunas responsiones. Sin embargo, las reducidas dimensiones los mismos obligaron a un abandono de la idea primitiva, desplazando dos pilares para conseguir espacios más diáfanos.[5]

Existen tres edificios en la provincia que aunque actualmente presentan otro esquema en planta, con toda probabilidad fueron iglesias basilicales de tres

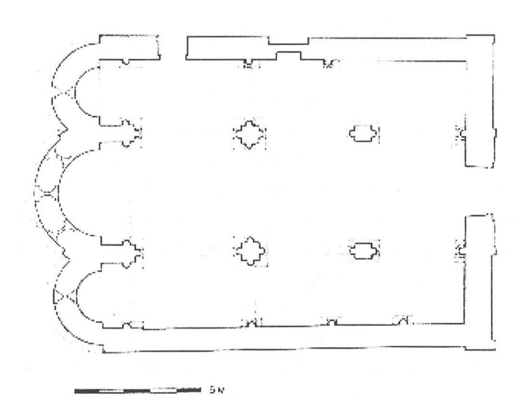


Figura 4
Planta de Santo Tomé de Monteagudo (según E.T.S.A. de A Coruña)

ábsides y otras tantas naves. El primero es Santiago de O Burgo (Culleredo), cuyos últimos tramos de las naves se desplomaron en fecha incierta, levantándose posteriormente una única nave más estrecha, que le confiere el aspecto de un templo de planta cruciforme. En San Martín de Ozón (Muxía) se conservan dos ábsides semicirculares; algo parecido sucede en Santa María de O Temple (Cambre), donde tan sólo se conserva el ábside sur de la construcción primitiva. En ambos casos debieron pertenecer a sendos edificios basilicales de tres capillas, pues los templos de una sola nave y tres capillas son casos excepcionales en el románico gallego.

Iglesias con planta de cruz latina

El esquema cruciforme es el menos abundante entre los edificios románicos de la provincia. Tan sólo uno presenta una nave y tres ábsides semicirculares, de mayores dimensiones el central y precedido por un breve tramo recto, que se abren a un transepto ampliamente destacado en planta: San Miguel de Breamo (Pontedeume). La nave principal es más estrecha que la transversal, lo que ocasiona un crucero rectangular. Este tipo de planta resulta infrecuente en la arquitectura medieval gallega, tan sólo se encuentra en San Salvador de Coruxo (Vigo, Pontevedra) y San Salvador de Vilar de Donas (Palas de Rei, Lugo).

En este apartado de iglesias de plan cruciforme, sin duda alguna, la obra más destacada es la catedral de Santiago de Compostela (figura 5). Como bien es sabido, pertenece al llamado tipo de *iglesia de peregrinación*, un grupo formado por cinco edificios repartidos a lo largo del Camino de Santiago, cuatro de ellos en Francia y tan sólo éste en España.

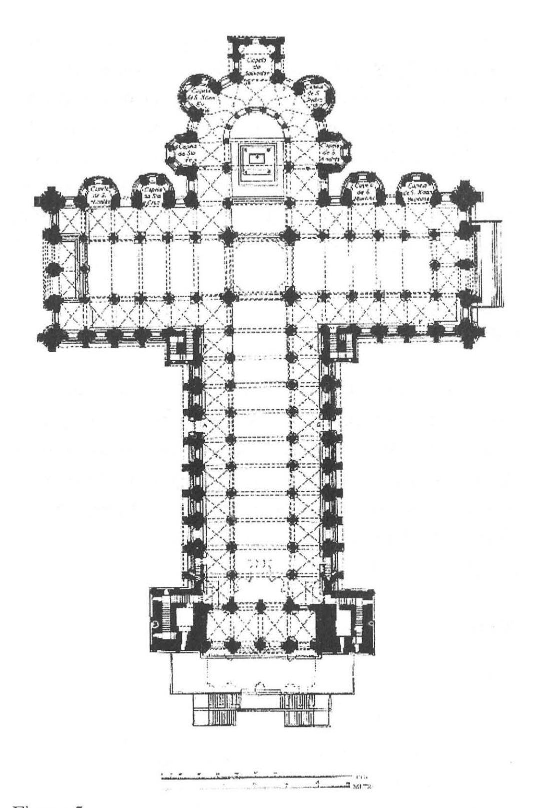


Figura 5
Planta de la catedral de Santiago (según K.J. Connant)

Los aspectos más destacados de su planta son la destacada y compleja cabecera, el especial desarrollo de sus naves y la presencia de un amplio crucero. El presbiterio se rodea por un deambulatorio o girola semicircular, al que se abren cinco capillas radiales que alternan la planta semicircular y poligonal. A continuación se dispone una nave transversal o transepto, compuesto por tres naves —la central de doble anchura— separadas por pilares compuestos que descansan sobre pedestales alternativamente cuadrados y redondos, que originan tramos alargados en la nave principal y cuadrados en las laterales. A este transepto se abren nuevas capillas semicirculares, dos en cada brazo. El cuerpo principal de la catedral se compone de tres naves perpendiculares a las anteriores y de iguales características. En el punto de unión entre ambas se origina un espacio cuadrado, enmarcado por cuatro grandes machones de sección cruciforme, denominado crucero. Una particularidad de Santiago respecto a las restantes iglesias de peregrinación, es que las naves laterales se continúan incluso por los extremos del crucero, por lo que es posible circundar su perímetro sin acudir a la nave central.

Las tres puertas más importantes se sitúan en los extremos del transepto y en el de la nave principal. Cada una de las tres fachadas se enmarcaba entre dos torres, de las que sólo se conservan las del Obradoiro. Además existían otras siete puertas de menor importancia, cuya distribución no es bien conocida.

Un único edificio en A Coruña adoptó la solución

puesta en práctica en la cabecera de la catedral compostelana, es el caso de Santa María de Cambre (Figura 6). Se trata de un templo con tres naves divididas en cuatro tramos, un transepto saliente de una sola nave con cinco tramos y una cabecera con deambulatorio abierto a cinco capillas absidiales. Su aspecto actual se debe a tres campañas constructivas sucesivas, como ha demostrado la profesora Vila da Vila.[6]

En un primer momento se construyen los tres tramos occidentales del cuerpo de la iglesia. En la segunda fase se levantaron las cinco capillas absidiales, bajo la dirección de un maestro que conocía las soluciones de la catedral de Santiago. Sin embargo, no existía conexión entre las obras de ambas campañas, por lo que un tercer arquitecto se ocupó de la realización de la capilla mayor, la girola, el transepto y el último tramo de las naves.

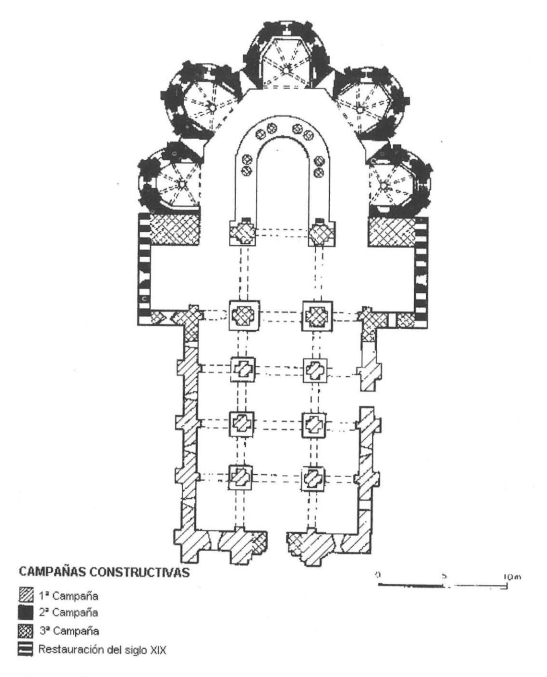


Figura 6
Planta de Santa María de Cambre (según M. Vila da Vila)

NOTAS

1. El edificio románico más significativo de la provincia es, sin duda, la catedral de Santiago, pero a la vez es el más complejo y uno de los más antiguos, por lo que influirá en multitud de construcciones posteriores. Sin embargo, en el presente trabajo se estudiará desde el punto de vista planimétrico, por lo que será tratado en el apartado de iglesias cruciformes.
2. Véase M. Chamoso Lamas. «Algunas muestras constructivas del primer románico en el Norte peninsular». En: *Cuadernos de Estudios Gallegos,* T. 24, 1969, pp. 53-55.
3. Véase M. Chamoso Lamas. «Desconocida muestra arquitectónica del primer románico en Galicia». En: *Homenaje a D. J. Esteban Uranga.* Pamplona, 1971, pp. 271-273.
4. M. Chamoso Lamas y otros. *Galicia.* Vol. 2 de la serie La España románica. Madrid, 1979, p. 42.
5. J. R. Soraluce Blond (coordinador). *Arquitectura románica de La Coruña. I. Faro-Mariñas-Eume.* Colegio de Arquitectos de Galicia. Santiago, 1983, pp. 36-37.
6. Véase M. Vila da Vila. «Las campañas constructivas de la iglesia románica de Santa María de Cambre». En: *Cuadernos de Estudios Gallegos,* T. 35, 1984-1985, pp. 349-395. De la misma autora *La iglesia románica de Cambre.* Cambre, 1986.

Nuevos datos sobre la construcción de Antoni Gaudí: la sorprendente estructura constructiva de la casa Botines de León

Albert Casals Balagué

Los estudios previos para la intervención en los edificios históricos pueden ser una herramienta de extraordinario valor para aumentar los conocimientos sobre la realidad de los diferentes momentos históricos de la construcción.

En esta ponencia se exponen los conocimientos a los que se ha podido llegar a través de los estudios de todo tipo que se han realizado sobre una de las pocas obras que Gaudí realizó fuera de su contexto técnico-cultural, la Casa Botines de León.[1]

La Casa de los Botines fue construida según proyecto de Antoni Gaudí en 1892 por encargo de la familia Fernández y Andrés (figura 1).

La estructura constructiva del edificio se compone del muro perimetral de fachada, de grueso variable según la altura, desde 1 metro hasta 0,45 m, formado por dos paramentos, el exterior de sillarejo de piedra calizaa, de 20 a 25 cm de espesor, y el interior, de mampostería ordinaria de la misma piedra, de espesor variable (figura 2). Sobre este muro descansan los diferentes forjados del edificio. Los dos primeros resueltos mediante bóvedas tabicadas de dos gruesos apoyadas en perfiles metálicos, y el resto de las plantas superiores, con vigas de madera y revoltones de rasilla. La estructura interior del edificio se compone de, en la planta semisótano y planta baja (figura 3), un conjunto de pilares de fundición, que descansan en las zapatas aisladas sin ningún tipo de riostrahaz. Sobre los pilares descansan los perfiles metálicos a

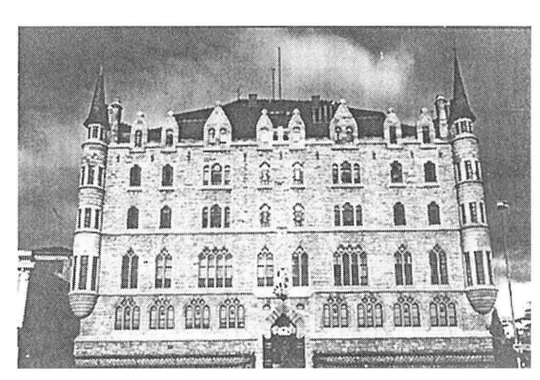


Figura 1
Fachada principal

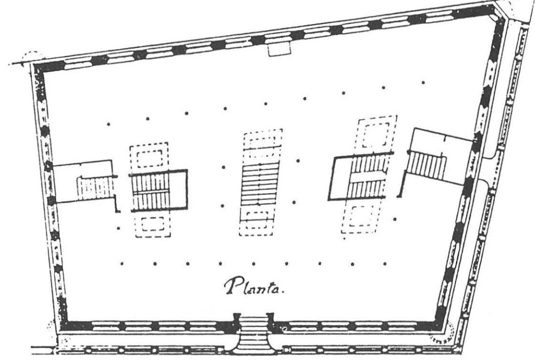


Figura 2
Planta baja

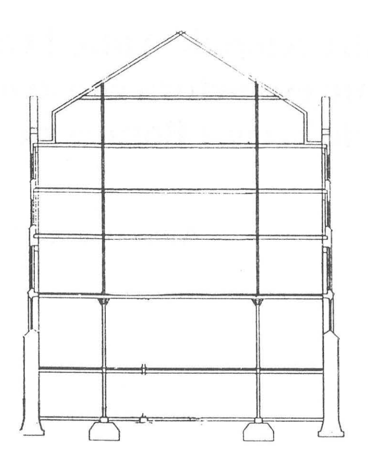


Figura 3
Sección transversal

través de unos capiteles de piedra. Los perfiles sirven también para soportar las paredes de media asta que resuelven la estructura interior en la planta principal y superiores (figura 4).

El edificio se planteó como una operación inmobiliaria similar a las que se hacían en aquella época en la derecha del ensanche de Barcelona, en la que los empresarios textiles invertían sus beneficios en la realización de edificios en los que en las plantas bajas y sótano situaban los locales comerciales del negocio, en la planta principal su vivienda particular, y sobre ella, viviendas de renta que acababan de completar la operación.

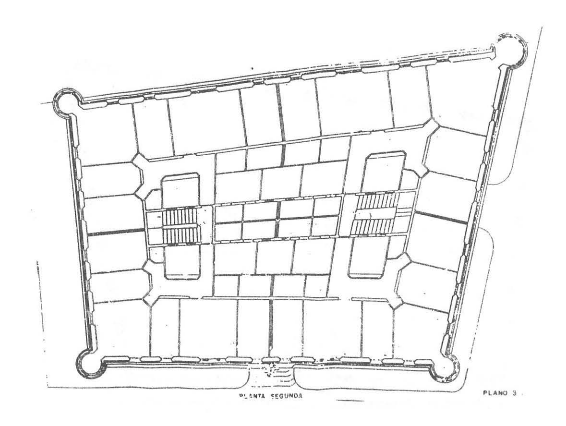


Figura 4
Plantas segunda y tercera

Una primera constatación permite advertir que, si bien existe se mejanza en el punto de partida, no existe en la realidad final, ya que nos encontramos en un edificio con cuatro fachadas, imposible en Barcelona dada su trama urbana. En los edificios originales las medianerías obligan a unas dimensiones menores y a unas ordenaciones bien diferentes de las de León. Si buscamos precedentes para las dos plantas bajas es posible encontrarlos en edificios industriales del tipo de la fábrica de varias plantas, de los que ya existían antecedentes en Cataluña en el siglo XVIII, como el Molino de Papel de Capellades, y ya más cerca de la fecha de Botines, en edificios industriales como la fábrica de la Colonia Güell sin duda conocida por Gaudí.

Sin embargo, las plantas superiores no responden a ningún precedente, salvo, en primera aproximación, los edificios entre medianeras del ensanche (figura 5), pero de los que estructuralmente difiere bas-

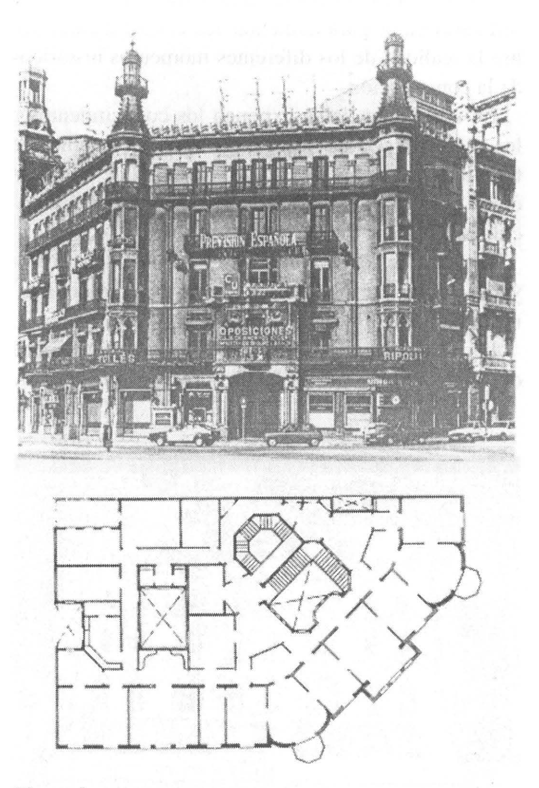


Figura 5
Edificio contemporáneo de Botines en un chaflán del ensanche de Barcelona

tante. La realidad es que Gaudí creó un tipo nuevo mediante traslación y giro de la sección perpendicular a fachada. Pero al no necesitar ninguna pared medianera olvidó el papel estabilizador de éstas lo cual conlleva una falta total de arriostramiento en su estructura.

Es una de las obras de Gaudí menos tratada por la extensa bibliografía especializada. No existe nigún estudio que de algo de luz sobre las intenciones del arquitecto cuando lo proyectó. Todo lo más conjeturas sobre su goticismo o intrepretaciones tópicas y erradas como que en esta obra se adelantó a Le Corbusier en relación a las plantas diáfanas. De hecho lo único que hizo fue una trasposición a tierras leonesas de una manera de hacer barcelonesa plasmada en innumerables edificios del casco viejo o de la derecha del ensanche de Cerdá. Sin embargo, como ya se ha dicho, esta trasposición no fué del todo coherente con el original ya que éste siempre fue para edificios entre medianeras y no para aislados. Gaudí toma un tipo entre medianeras ubicado siempre en una manzana, y por simple traslación y giro de la sección perpendicular a la fachada organiza un edificio aislado. La duda sobre la capacidad del edificio para asumir acciones horizontales extraordinarias parece más que razonable.[2]

Se ha de destacar la extraordinaria esbeltez en planta de las cuatro paredes, especialmente la de la fachada posterior, para una longitud de tantos 34 mts. le corresponde un grosor de 0,5 metros, estos da lugar a una esbeltez de 70 muy por encima del grado máximo de esbeltez considerado por las métodos citados anteriormente de previsiones sísmicas. Se ha de destacar también el que los cuatro muros de fachada tienen una trabazón entre sí mínima, ya que en las esquinas se disponen las puertas para entrar a los miradores de los torreones. Para acabar el panorama, se ha de destacar la extraordinaria esbeltez de las paredes de ladrillo de la planta baja rincipal (esbeltez=400/13=30), que además carecen de cualquier tipo de arriostramiento perpendicular teniendo sus esquinas abiertas y contando sólo con la posible aportación de los tabiques.

Si se comparan todas estas disposiciones con lo establecido por la teoría canónica de las construcciones murarias de la época establecida por las fórmulas de Rondelet, es fácil llegar a concluir que estamos ante una obra podríamos adjetivar de osada, para su tiempo e incluso para el presente. Sin embargo, en el momento del análisis no presentaba y no presenta en la actualidad ningún tipo de alteración o daño que puedan ser consecuencia de esa osadía.

Los estudios realizados han permitido responder algunas de estas preguntas, pero ha abierto todavía más interrogantes. Sin duda, Botines es un edifico singular.

Los muros de fachada

Por todo ello el conocimiento cabal del muro de fachada ha pasado a ser un objetivo prioritario. La primera incógnita fundamental es, además de la constitución real interna o los espesores de las dos hojas, su traba y su comportamiento frente a cargas gravitatorias. La cara exterior con sillarejo bien careado, con un aparejo relativamente regular, y la cara interior de mampostería ordinaria con juntas mucho más gruesas tienen comportamientos mecánicos bien diferentes (figura 6). La pregunta es sencilla de plantear: ¿realmente son dos hojas solidarias entre sí y, en consecuencia, el edificio dispone de todo el grueso del muro para su estabilidad? Si ésto es importante en las plantas superiores, donde adquiere un carácter crucial es en los machones de planta baja, que con la misma composición, son los de menor sección y los que asumen mayor carga. El método utilizado se ha basado en conocer el estado tensional de ambas caras. Los procedimientos de ensayo para averiguarlo, los denominados gatos planos, se utilizan por lo menos desde hace más de 10 años, espe-

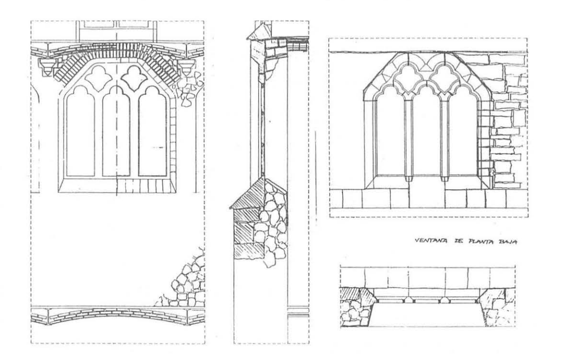


Figura 6
Sección de la fachada principal por la ventana de planta baja

cialmente en Italia. Sin embargo en nuestro país son prácticamente desconocidos. Además de la tensión existente permiten obtener el módulo de deformación de la fábrica. Se han realizado cuatro ensayos dobles sobre dos machones de la fachada principal, ubicando los cortes exactamente en el mismo plano de nivel, tanto en el exterior como en el interior. Para los machones de planta baja se ha utilizado la técnica extensométrica mediante eliminación de material, complementada por ensayos en laboratorio de las características de los sillarejos y mampuestos.

Sin entrar en detalle, baste decir que los resultados han sido reveladores. La tensión de trabajo, bastante moderada, de la cara exterior es de cinco a diez veces superior a la de la cara interior, siendo ésta la que recibe todas las cargas provenientes tanto de los muros superiores como de los propios forjados, lo cual permite asegurar la total y absoluta trabazón entre las dos hojas, y considerar todo el grueso del muro desde el punto de vista del flexopandeo y la resistencia a esfuerzos producidos por acciones horizontales.

LAS PAREDES DE LADRILLO

La aplicación de los criterios de la Norma Básica FL-90 lleva a concluir que la esbelta pared de la planta principal es insuficiente por estar sobrepasada en cinco veces su capacidad teórica. Sin embargo, no se constata en absoluto ningún síntoma de agotamiento. Esta es una situación paradójica ya constatada infinidad de veces. La aplicación estricta de la NBE convierte en colapsados muchos edificios incólumes. Y no es que la norma sea inadecuada. Sobre esta cuestión queda mucho por hacer.[3]

Los estudios desarrollados han tenido el objetivo prioritario de averiguar su resistencia real mediante ensayo en laboratorio de probetas extraídas de las paredes, y, por otro lado, su estado de tensiones real mediante los gatos planos. Previamente a la realización de los ensayos se ha determinado el grado de homogeneidad de las diferentes piezas de ladrillo que se distribuyen en las paredes y, lógicamente, de los diferentes morteros, con mayor razón más susceptibles de heterogeneidad.

Los resultados permiten concluir que estamos ante una obra de fábrica típica de la época pre-industrial en que se realizó. Los ladrillos, presentan una enorme dispersión en sus características básicas, pero sólo del orden de un 8% no presenta el nivel de cocción mínimo exigible, y al estar repartido homogéneamente por toda la fábrica, no obliga distinguir entre diversas zonas.

Algo diferente ocurre con el mortero. Su proceso de fabricación implica una mayor dispersión de los resultados, y en este caso además una diferenciación clara de zonas; el mortero de la planta principal tiene dosificaciones (del orden 1:5) y características resistentes inferiores al mortero de las superiores.

Si de los ensayos pasamos a la observación directa se detecta que, efectivamente, la planta principal presenta un aparejo de sogas bastante más irregular que las superiores. Es razonable hipotizar que, o bien los albañiles fueron mejorando su cualificación profesional con el progreso de la obra, o que se sustituyó a los que la iniciaron por otros más solventes. El caso es que, como consecuencia de todo ello, ha sido necesario realizar un número algo elevado de ensayos de rotura a compresión diferenciando la planta principal de la del resto.

Los resultados permiten concluir que las paredes de estas plantas superiores disponen de suficiente capacidad. La de la planta principal no, pero ha resistido sin ningún problema los cien años de vida.

LOS FORJADOS DE MADERA

Los objetivos en relación a la estructura horizontal de las plantas superiores han sido dos y planteados uno a continuación del otro. En primer lugar se ha evaluado el número de vigas cuyo estado de conservación impide por completo su utilización. Visto que no es excesiva la cantidad a substituir se ha pasado a evaluar su capacidad resistente. Los resultados han sido claramente positivos. Las vigas de madera en buen estado, e incluso las de estado regular pero recuperables, son sobradamente capaces de soportar las cargas incluso las del nuevo uso público.

Pero el comportamiento de las vigas de madera de la última planta, ha quedado seriamente comprometido por, o bien la falta de previsión de Gaudí o bien la falta de cuidado de los vecinos del sistema de evacuación de aguas (figura 7). Éste consta de unos imbornales de plomo que se disponen entre las buhardillas, que mediante un el diámetro del desagüe perfectamente calculado controla el caudal que vierte al canalón inferior que rodea todo el edificio apo-

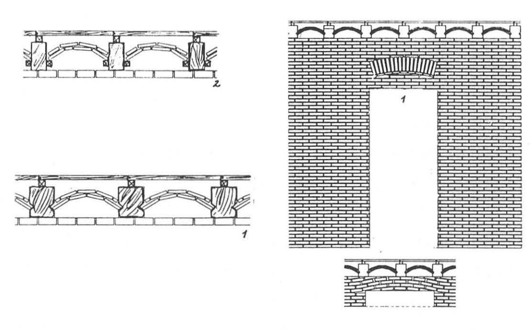


Figura 7
Forjados de madera y entrega a pared de media asta

yado en el último forjado y discurriendo por el interior de las estancias de fachada. En el caso en que las precipitaciones superen la capacidad para engullir el agua prevista, el agua se vierte al exterior a través de un rebosadero. La falta de cuidado de los inquilinos ha llevado a que las vigas situadas justo debajo del canalón, estén realmente alteradas de una forma bastante profunda. Es la parte que peor ha resistido el paso del tiempo.

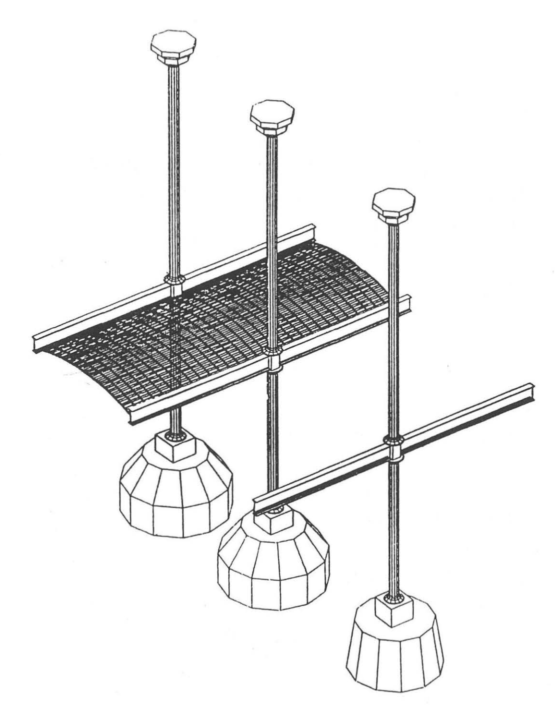


Figura 8
Polares, zapatas, perfiles metálicos y bovedas tabicadas

La estructura de planta baja

La comprobación del alto grado de isostatismo de todo el conjunto estructural interior llega a su grado máximo cuando analizamos el nudo formado por los capiteles de piedra y las IPNs del techo de la planta baja. Éstas sólamente se apoyaban del orden de unos ocho centímetros, con lo cual transmitían su carga en la parte volada del capitel, produciendo esfuerzos cortantes importantes (figura 8). Pero además, la indeformabilidad del conjunto se consigue sencillamente colocando cuatro ladrillos en diagonal que supuestamente las inmovilizan. Sobre el conjunto descansan o bien las bóvedas tabicadas o bien las paredes de la estructura superior que finalmente hacen que el conjunto sea algo más indeformable.

Los cimientos

La mayor sorpresa de toda la operación de análisis del edificio se ha producido cuando se ha investigado el comportamiento de la cimentación. Se compone de zapatas de mampostería y mortero de cal, continuas debajo de los muros de fachada y aisladas debajo de los pilares de planta sótano, sin que exista entre ellas ningún tipo de arriostramiento (figura 9). El análisis de las cargas ha permitido valorar en 4 y 2,5 las tensiones directas producidas por las acciones gravitatorias del peso propio sin mayorar. Un estudio geotécnico determina que el terreno sobre el que están asentadas las zapatas tiene una capacidad portante máxima de 0,4 kg/cm^2. La única explicación razonable a esta sorprendente situación, es que, o bien los sistemas actuales de análisis de cargas de los terrenos son insuficientes, incorrectos o inexactos, o bien que la construcción se realizó de una forma tan homogénea y pausada que comportó un asentamiento estrictamente uniforme de todo el conjunto sin producir la más mínima lesión al edificio.

Concluidos los estudios es preciso pasar al último nivel del análisis en el que el objeto a estudiar es todo el sistema suma de subsistemas.

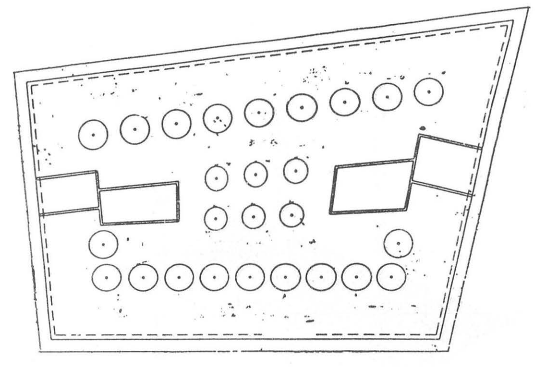


Figura 9
Planta de cimentación

ANALISIS GLOBAL

Mediante un sofisticado un modelo informático (figura 10) se ha podido llegar a las siguientes conclusiones. En su configuración original el edificio no consigue responder adecuadamente a las acciones horizontales por las siguientes razones. Por una parte, los únicos planos verticales rígidos son las fachadas. No puede considerarse que las paredes interiores de carga puedan contribuir introduciendo planos de rigidez intermedios puesto que, entre otras razones, se hallan simplemente apoyadas sobre el conjunto de pilares a nivel de planta principal, y por ello no disponen de una conexión rígida con la cimentación. Por otra parte, por su propia naturaleza constructiva, no puede esperarse que los forjados actuales constituyan un elemento rígido en su propio plano, capaz de trabajar como viga de gran canto. Sí puede admitirse, sin embargo, que puedan transmitir fuerzas horizontales entre fachadas opuestas, actuando como un simple arriostramiento.

Como consecuencia de tales deficiencias, las acciones horizontales solicitan a los muros de fachada produciéndoles sistemáticamente intensos efectos de flexión transversal, ya sea producto del trabajo local (esquema de emparrillado plano a nivel de fachada) o del trabajo conjunto (esquema de marco según secciones horizontales). En particular, los elementos más intensamente solicitados a flexión son los dinteles de esquina y los antepechos de crujías exteriores y central, en las fachadas orientadas transversalmente a la dirección de incidencia de las fuerzas horizontales (figuras 11 y 12).

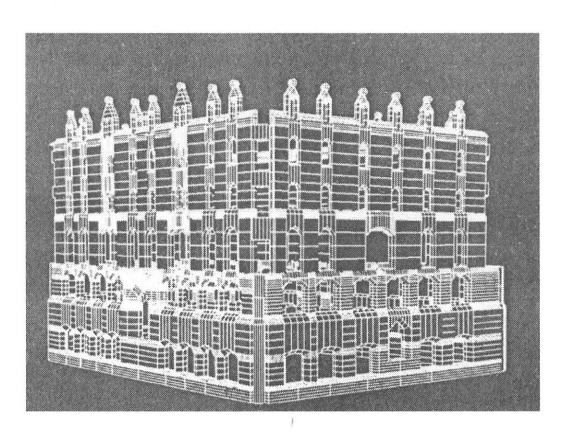
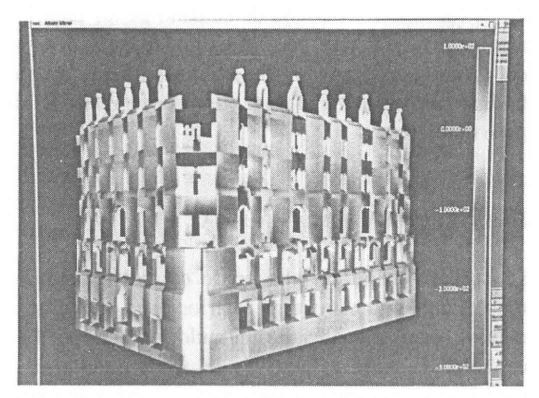
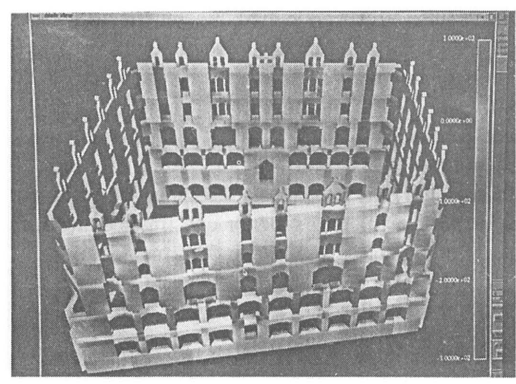


Figura 10
Imagen del modelo informático





Figuras 11 y 12
Imágenes del modelo informático indicando las tensiones en cada punto según una gradación cromática

Pero también se comprueba que los muros de fachada resultan adecuados para trabajar como pórtico en su propio plano, incluso en el caso de recibir la totalidad de las fueras inerciales del sismo considerado.

Las conclusiones pueden ser varias. Por ejemplo, que las teorías sobre la estabilidad de las estrcturas de muros del siglo XIX de Rondelet eran excesivas, lo cual también se ha comprobado con las construcciones de Barcelona. Pero también en relación a ésta, Gaudí también transgredió los cánones establecidos. Si Gaudí lo hizo a sabiendas o no, de momento no puede contestarse de manera rigurosa. En cualquier caso, no se tiene constancia de que en la Escuela de Arquitectura de Barcelona, se diera excesiva importancia a la sismicidad de la región y su influencia en la estabilidad de los edificios de muros. No se han encontrado referencias sobre ello en los apuntes escolares. En los textos escritos de la época sólo se ha encontrado en relación a nuestro país, el estudio del General Cerezo, que estando en las Filipinas, zona con bastante más riesgo que la nuestra escribió un tratado sobre la cuestió. Sobre si Gaudí era consciente de este peligro, no se ha podido encontrar ningún tipo de referencia en las obras que recogen sus pensamientos. Sólo hay una referencia a los movimientos sísmicos, que dista mucho de ser adecuada a la descripción correcta de sus causas y efectos.

La casa Botines es, sin duda, un edificio extraordinariamente singular que transgredía en su estado original todas las reglas constructivas de su momento y a pesar de ello llega a nuestros días en un estado de conservación prácticamente perfecto con sólo algunas alteraciones consecuencia de la falta de cuidado de sus usuarios. Lo cual marece una reflexión.

En la actualidad ya se han subsanado todas las carencias expuestas y ya es un edificio que cumple sobradamente toda la normativa vigente, aunque sin haber renunciado a la mayoría de sus características constructivas.[4]

NOTAS

1. Los estudios previos sobre el edificio de Botines ya se han expuesto en el primer Cogreso de Tecnología de la Arquitectura de Madrid. Esta ponencia, con otra orientación, incluye gran cantidad de datos que allí no quedaron expuestos. El mismo equipo ha analizado otra obra singular de Gaudí. Véase A. Gonzáles, A. Casals, P. Roca, J.L. González, *Studies of Gaudi's «Cripta de la Colonia Güell»*, IABSE SYMPOSIUM, Roma 1993, y también A. Casals, J.L. González, P. Roca, *La necesaria comprensión previa de la realidad constructiva del monumento: el caso singular de la Cripta de la Colonia Güell*, en INFORMES DE LA CONSTRUCCION, nº 427, sep/oct 1993.
2. A esa conclusión también se llega si se aplican métodos de evaluación de vulnerabilidad sísmica de edificios desarroilados para permitir una aproximación rápida pero sistemática al análisis de edificios existentes. Es especialmente interesante, en este sentido, el que se expone en la monografía citada al final de la nota. El método se basa en evaluar los edificios segun 11 variables tales como, la organización general del sistema portante, la resistencia de sus materiales, la calidad de los diafragamas horizontales y la distancia entre muros de arriostramiento. Según la evaluación realizada sobre los edificios del ensanche de Barcelona, muchos de ellos contemporáneos de Botines, una notable proporción de ellos se pueden considerar con un grado de vulnerabilidad entre medio-alto y alto. Si se aplica el método a Botines queda calificado entre los medio-altos.
   Véase, C. Caicedo, A.H. Barbat, J.A.Canas, *Vulnerabilidad sísmica de edificios*, Monografía CIMNE IS-6 1994.
3. En la actualidad, los modelos para las estructuras de paredes, o son extraordinariamente complejos por aplicación de las técnicas de los elementos finitos o son del tipo de la veterana norma NBE.FL-90. Sobre la utilidad de ésta en la actualidad véase, J. L. Gonzàlez, «Verificació de la seguretat estructural a les càrregues verticals. Aplicació de les PIET-70 i la NBE.FL-90. Comparació amb l'EC-6», capítulo séptimo del libro de varios autores *Manual de diagnosi i intervenció en sistemes estructurals de parets de càrrega*. Manual de diagnosi 4. Col.legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona. Barcelona, 1995. Sobre los métodos informáticos véase el capítulo noveno del mismo libro, P. Roca, C. Molins, «Anàlisi numèrica d'estructures de parets de càrrega. La importància de l'elecció del model». Sobre los avatares históricos de los procedimientos de dimensionado de paredes véase el capítulo tercero, J. L Gonzàlez, «L'aparició de les normatives». La obra en su conjunto aporta una gran cantidad de ideas sobre diagnosis e intervención en estructuras de paredes de carga.
4. La promoción de la restauración del edificio y la financiación de los estudios ha corrido a cargo de la entidad propietaria, Caja España de Inversiones S.A. que lo convierte así en su sede principal con un proyecto de Ma-

riano Díez Saez de Miera y Félix Compadre Díez, arquitectos. Por supuesto, la restauración ha recogido todas las recomendaciones hechas a partir de estos estudios y ha conseguido poner al día en todos los aspectos a esta singular obra de Gaudí pero, y esta es la gran virtud de los estudios previos completos, aprovechando al máximo las propias capacidades constructivas del edificio que seguirá siendo así una muestra de un singular intercambio entre dos zonas de diferentes culturas constructivas.

Bóvedas góticas españolas. Influencia de la configuración constructiva actual en su estabilidad

M.ª Josefa Cassinello Plaza

La estabilidad de las catedrales góticas no podemos basarla hoy, transcurridos más de siete siglos, ni en los trazados primitivos que les dieron su «forma» original, ni en las características fisico-mecánicas de las fábricas con las que fueron construidas. Existen diversas causas que han modificado Forma y Materiales, viéndose alterada su estabilidad, tanto por el estado tensional generado por las «nuevas formas», como por las también nuevas características de los materiales de sus fábricas, al verse estos deteriorados o sustituidos por otros que en ocasiones presentan un alto grado de incompatibilidad química o mecánica con los primitivos. El abundante y variado patrimonio de obras de fábrica antigua con el que cuenta Europa demanda la determinación de una metodología analítica que garantice el conocimiento lo más real posible del estado actual de su Estabilidad, no cayendo en el grave error de tomar como «modelo» los diferentes tipos estructurales y constructivos ejecutados primitivamente por los antiguos maestros, porque no solo las deformaciones sufridas en sus formas geométricas, sino también la continua superposición de estilos y tipos de reformas y restauraciones, con configuraciones constructivas muy diferentes que han variado la distribución y equilibrio de sus masas pétreas.

La bóveda

Aunque Viollet-Le-Duc[1] reconococió como protagonista del ingenioso esquema estructural de la catedral gótica al Arbotante, y a través de los siglos la ordenada sucesión de estos en el exterior de la catedral se haya constituido en el hito escenográfico reconocible de uno de los estilos arquitectónicos más admirables de la historia de la construcción pétrea, es sin duda la Bóveda Gótica el mayor avance estructural conseguido por los maestros medievales, que utilizando elementos ya existentes, y partiendo de la intersección de formas geométricas de simple curvatura, de gran deformabilidad y escasa rigidez, llegaron a encontrar la forma más estable, rígida y de menor cuantía de material, para cubrir los vanos de sus naves, no solo reduciendo el empuje resultante sino haciendo desaparecer en gran parte las flexiones, al convertir las bóvedas en superficies de doble curvatura generadas sobre arcos apuntados, y rigidizadas mediante nervaduras pétreas situadas en los bordes o pliegues de máxima concentración de tensiones, aumentando sus posibilidades de Estabilidad a lo largo de los siglos.

Con independencia de la genialidad de su trazado, la bóveda es el elemento activo que genera los esfuerzos que el resto de los elementos estructurales deben contrarrestar; arbotantes, estribos, pináculos, pilares y muros longitudinales, por esta razón cualquier análisis sobre la estabilidad de una catedral parece razonable iniciarla por sus bóvedas, contemplando las transformaciones sufridas por estas en su trazado, su configuración constructiva y en las características de los materiales que forman sus fábricas, ya que estos aspectos serán determinantes para que

las conclusiones obtenidas se acerquen a la realidad, y las posibles actuaciones de consolidación derivadas del análisis no incurran en el deterioro del monumento sino en prolongar su permanencia.

Si desde el siglo XIX hasta el primer tercio del XX uno de los máximos debates fue la función estructural de las nervaduras de las bóvedas góticas, hoy despejada en gran parte esta incógnita,[2] la principal preocupación se centra en poder determinar con suficiente rigor científico aquellos parámetros, como el módulo o ley de deformabilidad y resistencia, cuyo conocimiento nos acercará definitivamente a esclarecer el futuro de su estabilidad.

Los diferentes tipos estructurales y constructivos de bóvedas de crucería que existieron primitivamente en las catedrales españolas se han modificado en primer lugar, al igual que todas las obras de fábrica, por las *deformaciones* sufridas a través del paso del tiempo, debidas a diferentes fenómenos naturales; movimientos sísmicos, fuertes lluvias sobre terrenos muy permeables, vientos... y también debidas a causas ajenas a la naturaleza; como alteraciones del subsuelo por excavaciones colindantes, conducciones de abastecimiento y saneamiento de aguas, incendios, bombardeos durante la guerra civil... Como consecuencia es necesario proceder al levantamiento de la geometría real de las diferentes formas «deformadas» de nervaduras y plementos, porque cada forma genera un estado tensional diferente, pudiendo aparecer nuevas líneas de concentración de tensiones debidas a una simple pérdida de mortero de juntas que moviliza el desplazamiento vertical de dovelas.

Por otra parte en muchos casos han sufrido *cambios en su configuración constructiva,* debido a las sucesivas intervenciones de reforma estilística o consolidación, alterándose el sistema de contrarresto de su empuje, suprimiendo arbotantes, construyendo torres, aumentando o disminuyendo la masa pétrea de los estribos, adosando nuevas construcciones en elementos estructurales primitivos situados en los bordes, o llegando en algunos casos, no solo a triplicar el espesor primitivo de sus plementos, sino ha cambiar cualitativamente su estado tensional por introducir cargas puntuales sobre estos, generándose un estado de estabilidad muy diferente del supuestamente primitivo.

Aunque las fábricas pétreas sean, teóricamente, muy resistentes frente a las generalmente reducidas tensiones generadas en sus elementos estructurales, no siendo determinante su resistencia, las alteraciones producidas en la propia Forma de la catedral, en su configuración constructiva y distribución de masas pétreas, han llegado ha generar considerables cambios cualitativos y cuantitativos en su estado tensional, y si además la capacidad resistente de su fábrica se ve comprometida por el grado de detrioro físico-químico alcanzado, se podrían producir colapsos tan inesperados e incomprensibles como todos los ocurridos a lo largo de la historia, en los cuales antes de producirse, la catedral estaba en situación aparentemente «estable». Basta recordar algunos casos como el colapso de la Torre Cívica de Pavía en el año 1989, cuya posterior comprobación sobre las tensiones de trabajo,realizada Giorgi Macchi, indicaba que estas eran muy inferiores a la «supuesta» resistencia media de la fábrica, y sin razón aparente había colapsado.

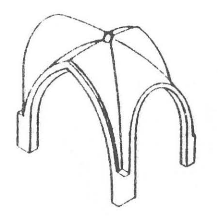
Indudablemente las catedrales que hoy se mantienen en pie demuestran haber encontrado, pese a las deformaciones sufridas en la adaptación de sus elementos estructurales, una situación estable, pero es importante abordar el análisis técnico desde su *realidad* buscando nuevos métodos de análisis para despejar las actuales incógnitas que nos separan de ella.

Tratando de contribuir a esclarecer alguno de estos aspectos fundamentales de la problemática planteada actualmente en torno a las obras de fábrica, estoy realizando desde hace algunos años, un estudio analítico y experimental con la colaboración del laboratorio INTEMAC bajo la dirección del profesor Jose Calavera Ruiz,[3] sobre diferentes catedrales góticas españolas, que he seleccionado en función de una previa clasificación en «tipos», en base a su comportamiento estructural y posibles recursos frente a las modificaciones predecibles de su estabilidad. Aunque el trabajo previsto no ha finalizado, he considerado de interés comentar algunos de los resultados obtenidos, asi como la metodología de desarrollo planteada.

De cada Tipo estructural y constructivo selecionados se ha elaborado un modelo matemático, tratando de recoger en el los tres aspectos fundamentales; Forma deformada, configuración constructiva y posibles características físico, químicas y mecánicas de los materiales,deteriorados o simplemente envejecidos, que forman sus fábricas (piedra y mortero).

El primer aspecto importante en la clasificación del Tipo de bóvedas es la propia geometría y *forma*

de los arcos que generan su superficie; formeros, fajones y diagonales, con independencia de que se trate de una bóveda cutripartita o sexpartita, ya que el estado tensional depende directamente de la «forma» de la bóveda y esta a su vez de los arcos que determinan en su trasdós las directrices de los diferentes paños del plemento.Las nervaduras tsuplementarias transversales aumentan la rigidez del conjunto pero no determinan la *forma* de la bóveda. En el primer periodo de la Arquitectura Gótica son los fajones los únicos que dejan de ser de medio punto para convertirse en ojivales, manteniéndose los formeros de medio punto al igual que los cruceros, como es el caso de la catedral de Burgos (figuras 1 y 2), pero posteriormente también los arcos formeros se convierten en apuntados, como en la catedral de Sevilla (figuras 3 y 4). No deja de sorprendernos como los maestros góticos fueron capaces de evolucionar sus bóvedas hasta optimizar su funcionamiento estructural, ya que la eliminación de los arcos de medio punto no es importante unicamente desde el tan comentado aspecto de reducción del empuje, sino que desaparecen prácticamente las flexiones en la superficie aboveda generada sobre arcos apuntados, dependiendo del decalage de sus centros y esbeltez (e/l).



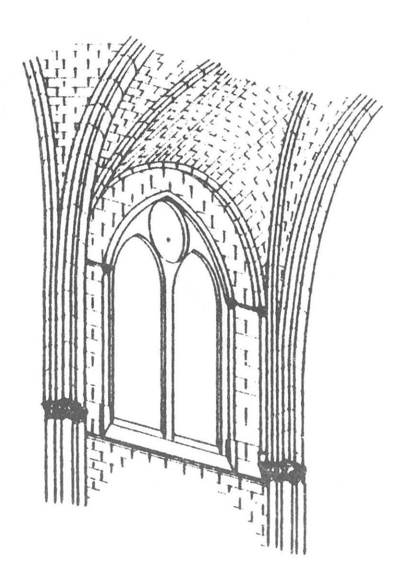


Figura 2
Detalle de la bóveda de la nave central de la Catedral de Burgos. Arcos formeros de medio punto

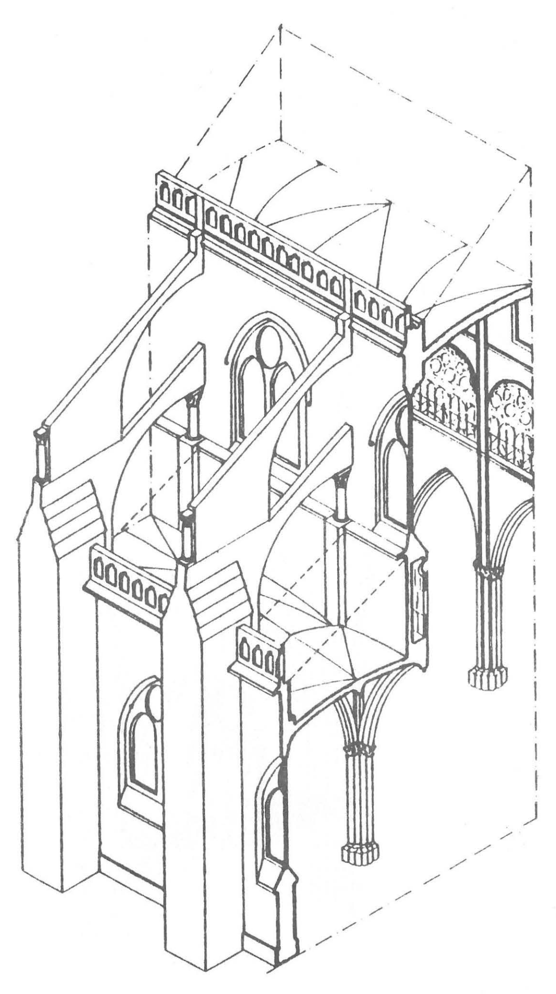


Figura 1
Axonométrica. Catedral de Burgos

La arquitectura gótica española cuenta con una de las tipologías más susceptibles de cambios en cuanto a la *configuración constructiva* de sus bóvedas se refiere, y que es sin embargo menos frecuente en el

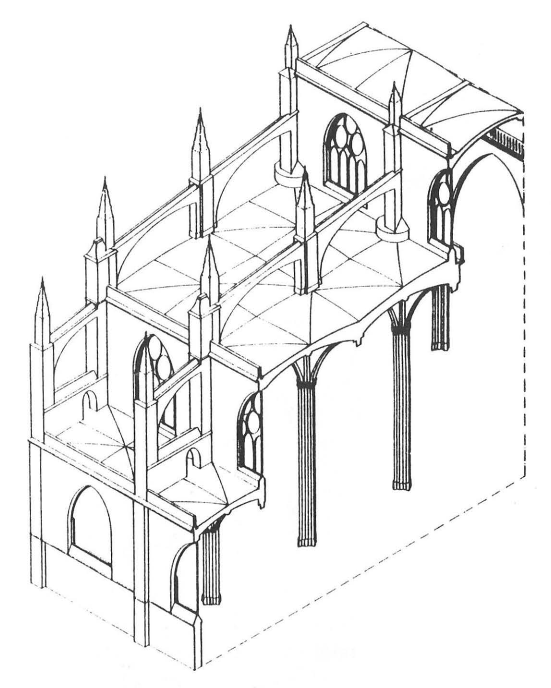
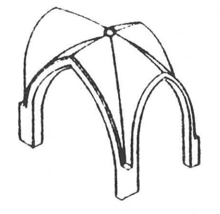


Figura 3
Axonometría. Catedral de Sevilla

que se constituye en el mortero de agarre de la solería cerámica.

En el siglo XVIII, y debido sin duda a problemas de evacuación de aguas de lluvia, se realizó una nueva cubierta sobre la existente, extendiendo sobre solería primitiva cinco capas de diferentes materiales, aumentando las pendientes de evacuación. La primera capa formada por un relleno de cascotes de ladrillos y tejas cerámicas sin aglomerante,sobre esta una capa de mortero de cal con virutas de madera, después una capa de mortero de cal de 4 a 10 cm de espesor (1:2,4) y por último otra capa de mortero de cal (1:1) como agarre de la nueva solería cerámica, actual pavimento de la cubierta de la catedral.Esta «reparación» representó un incremento de carga permanente de aproximadamente 300 kg/m^2 al haberse ejecutado sin eliminar la solería primitiva, conservando la totalidad del peso propio primitivo.[5] Evidentemente este tipo de reparación no puede tomarse



resto de Europa. Este tipo se remata con cubiertas aterrazadas, que ha generado muy diferentes configuraciones constructivas sobre el extradós de las bóvedas, en busca de conseguir la adecuada pendiente de evacuación de aguas, y que ha facilitando en cualquier caso un mayor deterioro a lo largo de los siglos por su clara exposición a los agentes atmosféricos, desembocando además en diversas actuaciones de reparación iniciadas generalmente desde comienzos del Renacimiento. A este tipo corresponde la catedral de Sevilla. Las bóvedas cuatripartitas de los pies de la nave central, fueron construidas en el siglo XV (año 1467)[4] con un plemento pétreo de 26,5 centímetros de espesor apoyado sobre las nervaduras,y sobre el cual se tendía una doble hoja de fábrica de ladrillo de 12,5 centímetros protegida con una capa de mortero de cal, enjarjada con vasijas, lámparas, tejas, y diferentes elementos cerámicos huecos envueltos en mortero de cal, que constituían el relleno aligerado del extradós de la bóveda, sobre el cual aparecen dos capas diferenciadas de mortero de cal, una primera regularizando pendientes (5 a 9 cm) y una segunda

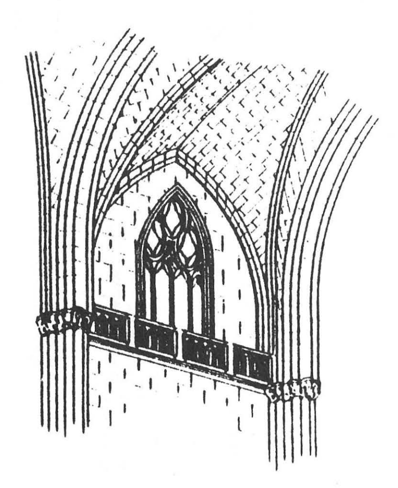


Figura 4
Detalle de la bóveda de la nave central de la Catedral de Sevilla. Arcos formeros originales

como norma, porque aunque frente a la resistencia de la fábrica pétrea representa un ligero aumento en su estado tensional, así como del empuje de la bóveda sobre el sistema de contrarresto, la superposición continuada a través de los siglos de este tipo de actuaciones puede producir en primer lugar un «cambio en la distribución de masas pétreas» pudiendo producirse un desequilibrio frente a la estabilidad del conjunto, al demandar un cambio en la distribución de masas del conjunto del contrarresto por robusto que este sea, y por otra parte puede verse comprometida la resistencia mecánica de la bóveda pétrea si se da la doble concausa de que con el paso del tiempo aumenta su carga y disminuye su resistencia por la degradación fisico-química de esta. Evaluación por otra parte de muy difícil realización, ya que basta que algunas dovelas en situación estratégica estén muy deterioradas para que se facilite un colapso parcial del plemento.

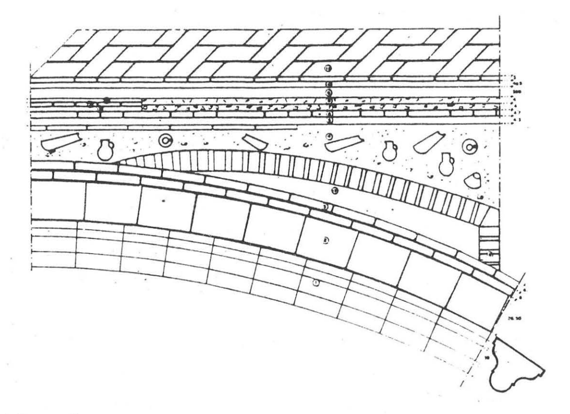


Figura 5
Detalle. Posible sección constructiva de las bóvedas laterales de la Catedral de Sevilla

Recientemente en una inspección realizada en una de las bóvedas laterales de la catedral de Sevilla se he descubierto la existencia de una configuración constructiva sin precedentes conocidos en las bóvedas góticas. Sobre la bóveda cutripartita pétera existe otra bóveda de fábrica de ladrillo que se apoya en su trasdós sobre pequeños pilares de fábrica, generando un cambio rotundo en la distribución de tensiones del plemento de la bóveda pétrea, que pudiera tener relación con el actual estado de fisuración existente, habiéndose producido articulaciones en zonas del plemento no predecibles sin un cambio de configuración constructiva en su trasdós (figura 5).[6] La reparación realizada en el siglo XVIII toma otra importancia no por el hecho de incrementarse la carga sino porque esta transforma tanto el estado tensional como la situación de estabilidad alcanzada por las bóvedas y su contrarresto. Actualmente, y para completar este análisis, se esta realizando una nueva inspección para determinar la situación exacta de dichos pilares así como la geometría de la bóveda superpuesta para poder evaluar el «real» estado tensional y estabilidad del conjunto.

Sin embargo las catedrales con cubierta a dos aguas sobre su extradós no han sufrido este tipo de cambios tan importantes, manteniéndose la configuración constructiva primitiva, ejecutándose en general con un plemento pétreo que oscila en las catedrales españolas entre los 20 y 40 centímetros de espesor, con una gruesa capa de mortero de cal sobre su trasdós (10 cm) como es el caso de la catedrales de Burgos y León. Pero tampoco la distribución de tensiones corresponde sin duda a la primitiva, dado que en mayor o menor grado, la geometría del trazado de sus nervaduras y plementos se ha visto deformada por ligeros asentamientos o pérdidas de mortero en sus juntas. También en este caso el «modelo» de análisis debe ser tomado de un fiel levantamiento de la realidad existente.

Un aspecto de suma importancia frente a la estabilidad del conjunto, con independencia del «tipo», es el relleno del trasdós de la bóveda hasta la altura de aplicación del arbotante, para garantizar la transmisión de empujes en el nudo entre la bóveda y el arbotante. La ausencia de este aspecto en algunos estudios realizados, entre otros por Pippard,[7] desembocaron en resultados absurdos que obligaron a sus autores a incluir extrañas hipótesis en los nudos para que el modelo matemático admitiera que la bóveda analizada estaba en pie pese a que el modelo colapsara. Sin embargo Crisfield y Packham introdujeron en sus análisis la resistencia lateral producida por el relleno en el nudo, al igual que posteriormente lo hiciera R. Mark en sus modelos fotoelásticos.[8] En los casos analizados hemos podido observar como la altura del relleno varia en función de la «forma» del arco fajón de la bóveda, con independencia de la inclinación que adopte el arbotante como sistema de contrarresto inmediato de la misma. En el caso de Sevilla el relleno alcanza una altura de aproximada-

mente un 45% de la altura total de la bóveda, mientras que en el caso de Burgos, con un empuje total menor, aumenta hasta el 55% de su altura. Este hecho se repite en la totalidad de las catedrales analizadas, indicando que el relleno aumenta cuando disminuye el grado de peralte o apuntamiento del arco, (sin tener en cuenta los tramos verticales), a causa sin duda de la ley creciente de flexiones según decrece su rebajamiento.

El esquema estructural del conjunto de las bóvedas de la nave central de la catedral de Sevilla es más favorable que en el caso de Burgos, debido a que los arcos fajones son arcos enjutados y enrasados a la misma altura de la clave, constituyendo un armazón secuencial de arriostramiento transversal entre las sucesivas bóvedas, hecho que impide la flexión del propio arco y contribuye a dirigir los empujes hacia los estribos.

DISTRIBUCIÓN DE TENSIONES Y DEFORMACIONES. ESTABILIDAD.

Es posible, con los métodos actuales, realizar el levantamiento de la actual forma «deformada» de cada elemento estructural, y podemos, aunque con gran dificultad, llegar al conocimiento aproximado de su configuración constructiva actual, pudiendo evaluar tanto su estabiliadad, como su estado tensional, pero el mayor probiema es llegar a conocer los diferentes módulos de deformación y resistencias mecánicas de las fábricas existentes, que establecen una barrera para que la aplicación de cualquiera de los sistemas de cálculo puedan ser interpretados de forma correcta.

Recientemente Heyman[9] ha aplicado por primera vez, la teoría de cáscaras delgadas a las bóvedas de fábrica y en concreto a las bóvedas de la catedral de Reims, obteniendo que la tensión a la que esta sometido el plemento pétreo es tan solo de 0,13 N/mm^2 (13 t/m^2), frente a los 40 N/mm^2 (400t/m^2) que considera como tensión admisible en base al tipo de fábrica pétrea existente en dicha catedral. Si realmente el estado fisico-químico de la fábrica garantiza dicha tensión admisible, los resultados confirmarían la tan presumible realidad de la escasa tensión que se genera en los plementos frente a la resistencia mecánica de la fábrica. La aplicación de este método de cálculo en bóvedas góticas tan solo puede darnos un orden de magnitud de las tensiones existentes,pero es de dudoso rigor dadas las características especiales de este tipo de bóvedas pétreas, que incumplen la mayor parte de las hipótesis y condiciones de partida para la aplicación de dicha teoría. En primer lugar la esbeltez media de las bóvedas góticas españolas es de 0.04 frente a los límites establecidos tanto por Flugge,[10] cuya teoría aplica Heyman,como por Haas (0,001 a 0,02) no pudiéndo considerarse como lámina. Por otra parte, las actuales formas geométricas espaciales de las bóvedas son producto de las deficiencias de construcción y de las deformaciones sufridas a lo largo de los siglos, razón por la cual es difícil encontrar una expresión matemática que las represente, y además la teoría de membrana parte de la hipótesis de la no generación de flexiones, que indudablemente existen en mayor o menor grado en las bóvedas góticas, tal y como demuestran los resultados que hemos obtenido aplicando el método de Elementos Finitos.

Eduardo Torroja señaló la gran dificultad de conocer el reparto «real» de tensiones en una bóveda por arista si esta estaba ejecutada con fábrica pétrea en lugar de hormigón armado, dadas las especiales características del material, del aparejo y juntas que determinan en gran medida la «transmisión de tensiones», con independencia del sistema de cálculo empleado,[11] y la aplicación de la teoría de membrana se basa en las tres ecuaciones de equilibrio sin referencia a las condiciones de compatibilidad ni a las propiedades del material, hecho que simplifica los cálculos pero los convierte en «aproximaciones» cuantitativas lejanas a la realidad apuntada por Torroja.En cualquier caso la hipotética aplicación a los casos aquí analizados arrojaría como resultado una tensión de 17 t/m^2 en el plemento de la catedral de Sevilla (nave central de bóveda sencilla) y 11,5 T/m^2 en la de Burgos, sin aportarnos una clara distribución de la totalidad del estado tensional, donde como se puede ver por la aplicación del método de elementos finitos existen concentraciones de tensión en muy diferentes zonas, dependiendo de la geometría de bóveda, y no solo en los pliegues donde se sitúan las nervaduras.

Sin embargo el método de Elementos Finitos, no aplicado hasta la fecha en las catedrales góticas españolas seleccionadas, es el sistema de cálculo existente más apropiado para estructuras de fábrica, que puede darnos a conocer la distribución de tensiones y

deformaciones de forma pormenorizada en cada uno de los elementos estructurales de la catedral bajo diferentes hipótesis de carga, si utilizamos un modelo de elementos «solid» y dividimos su geometría en suficientes y adecuados elementos finitos, en función de su específica configuración constructiva, aunque hasta la fecha tampoco sea la «panacea», dado que es necesario realizar un estudio de sensibilidad del modelo frente a los parámetros fundamentales como la deformabilidad,para poder interpretar los resultados obtenidos con el mayor rigor posible.

La aplicación de este sistema en dos bóvedas de diferente tipo de «trazado» geométrico arroja de forma pormenorizada el estado tensional, no solo cuantitativamente sobre el plemento y las nervaduras de la bóveda, sino también cualitativamente el tipo de tensión resultante; compresión, tracción o flexión.[12] Se puede observar como en las bóvedas de la nave central de Burgos (figuras 6 y 7), la primitiva utilización de arcos de medio punto en los arcos de las nervaduras formeras, generan flexiones en los tramos laterales de los plementos, mientras que en las bóvedas de la catedral de Sevilla (figuras 8 y 9), (bóveda cuatripartita simple) desaparecen dichas flexiones al generarse los tramos del plemento sobre arco apuntados.

Pero hay que tener presente que ninguno de los nuevos y revolucionarios sistemas de cálculo, como el sistema de Elementos Finitos que estamos utilizando en los diferentes modelos tipo de las catedrales seleccionadas, y que ha sido ya utilizados en recientes rehabilitaciones de catedrales góticas como la de San Michel de Gudule[13] o la Abadía de Westmister,[14] pese a sus grandes ventajas respecto al conocimiento de la distribución de tensiones de forma porminorizada, pueden darnos la seguridad de estar ante el comportamiento real de la catedral frente a sus deformaciones, porque el problema no es el método de cálculo en si mismo, sino las hipótesis seleccionadas para la elaboración del modelo, entre las cuales considerar el material como homogéneo, isotrópico y continuo se aleja enormemente de la realidad, y tratar de adjudicar un módulo de elasticidad diferente según el tipo de fábrica de cada uno de los elementos, método utilizado por Evenepoel, no deja de ser un acercamiento más a una realidad todavía lejana, ya que estos nuevos sistemas de cálculo están preparados para ser aplicados a estructuras construidas con materiales actuales como el hormigón armado, y no con fábricas antiguas más complejas de modelizar por su heterogeneidad fisico-mecánica.

El material de las fábricas es hoy la mayor incógnita pendiente, cuyo deterioro y envejecimiento se ha visto acelerado en el siglo XX por las nuevas tecnologías instaladas en las ciudades, cuya polución ha precipitado su heterogeneidad frente a la posible diagnosis. Cada sillar, cada dovela pertenecientes a un mismo paramento o plemento pétreo, extraídos de la misma cantera y en la misma fecha, poseen diferentes vetas, composición y distribución de componentes químicos, diferentes capacidades mecánicas y diferente grado de porosidad y deformabilidad,[15] y

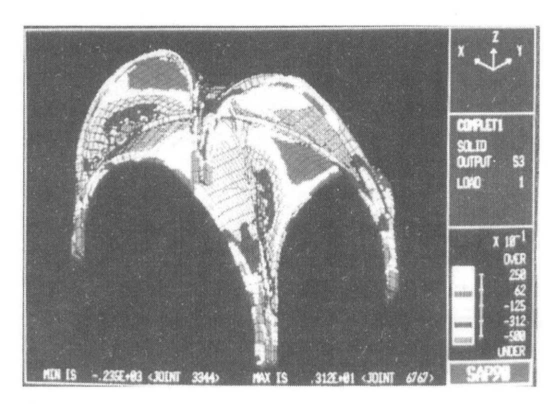


Figura 7
Bóveda de la Catedral de Burgos. Elementos finitos (carga permanente). Distribución de tensiones en su intradós

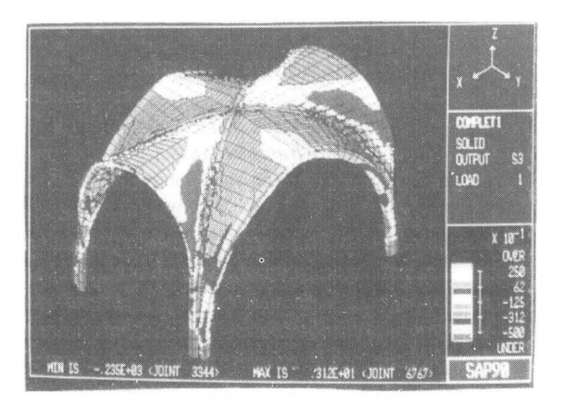


Figura 6
Bóveda de la Catedral de Burgos. Elementos finitos (carga permanente). Distribución de tensiones en su trasdós

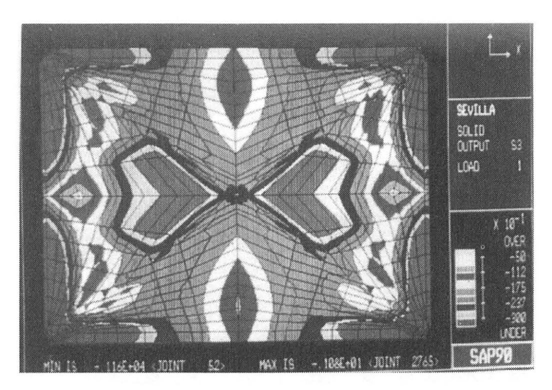


Figura 8
Bóveda de la Catedral de Sevilla. Elementos finitos (carga permanente). Distribución de tensiones en su trasdós

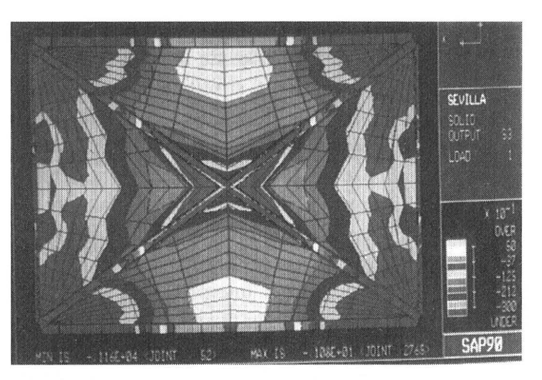


Figura 9
Bóveda de la Catedral de Sevilla. Elementos finitos (carga permanente). Distribución de tensiones en su intradós

además también existe gran heterogeneidad en los morteros da cal[16] debido a su proceso de elaboración y carbonatación a lo largo del tiempo, resultando acrecentada la incertidumbre respecto de las características fundamentales de la fábrica. Los análisis realizados sobre fábricas en los últimos años en muy diferentes partes del mundo demuestra esta «hetereogeneidad», en la fábrica de la torre de Pissa, las muestras analizadas dieron una diferencia de deformabilidad de 14 veces su valor dependiendo de la zona analizada. Con esta realidad no podemos ceer que los resultados obtenidos en el modelo puedan ser interpretados con el más mínimo rigor científico sino los acompañamos de los citados estudios de sensibilidad, y sin embargo paradógicamente, en los modelos matemáticos empleados hoy día para la diagnosis de fábricas antiguas, con independencia de su fecha de construcción se aplican los mismos módulos de deformabilidad.

Por esta razón, y en busca de un mayor acercamiento al conocimiento de la deformabilidad de las fábricas góticas de la catedrales españolas seleccionadas, y coincidiendo en algunos aspectos con los trabajos experimentales realizados por el profesor Wezel en Alemania,[17] que ha analizado frente a rotura diferentes tipos de muros de fábrica, hemos analizado diferentes morteros extraídos de catedrales góticas españolas, y hemos fabricado morteros de características similares a los medievales ensayados, para construir fábricas con sillares de las mismas canteras actualmente en funcionamiento, con el fin de realizar proximamente un análisis de «sensibilidad» del modelo frente a los parámetros establecidos (deformabilidad) con la finalidad de acotar la distancia existente con la realidad, y siendo conscientes de que por pequeño que sea el acercamiento producido, dada la «enorme dificultad de reproducir en laboratorio fábricas antiguas, este debe ser abordado porque sin duda se iran perfilando las hipótesis sobre el modelo, y la interpretación de los resultados nos llevara a olvidarnos de los engañosos valores absolutos manejados hasta ahora aportándonos rangos de posible variabilidad. La labor de las próximas décadas será buscar métodos para acotar la distancia entre los valores límites de dichos rangos una vez obtenidos.

Notas y reseñas bibliográficas

1. Eugene-Emmanuel Viollet-Le-Duc. *Dictionnaire raisonné de l'architecture francaise,* 1854.
2. Tras un debate de más de un siglo sobre la función estructural de las nervaduras de las bóvedas góticas, los bombardeos de las diferentes guerras del siglo XX, en España de la guerra civil, despejaron la incógnita.En algunos casos los plementos permanecieron en pie mientras que las nervaduras se habían desplomado (Sevilla). Hoy podemos afirmar que la mayor parte de los plementos poseen forma y sección resistente suficiente (20 a 30 cm), para absorver la concentración de tensiones en los pliegues o aristas, y que dependiendo del tipo de unión y la bondad de ejecución, las nervaduras no son necesarias desde el punto de vista de su resistencia, pero si

enormemente convenientes dada la «rigidez» que aportan al conjunto, aumentando sus posibilidades de adaptación a través de los siglos en cuanto a su estabilidad se refiere. Despejada la incógnita «en gran parte», ya que cada bóveda en función de su fecha y lugar de construcción puede responder o no al tipo primitivo, en el cual en el cual las nervaduras se trababan con el plemento, y en este caso la propia configuración constructiva determina que su desaparición produzca el colapso de la bóveda. Cada caso debe ser analizado en este aspecto, pero la gran generalidad de ellos ha sido convenientemente analizada estas últimas décadas por J. Fitchen, y J. Acland entre otros.
J. Fitchen, *The construction of gothic catedrals* Oxford:Claredon Press, 1962.
J. Acland. *Medieval Structure the gothic vault.* University of Toronto. Press, 1972.

3. El estudio analítico y experimental se extiende a diversas catedrales españolas, no solo a sus bóvedas sino al conjunto de los elementos estructurales que forman sus secciones transversales.Actualmente no hemos obtenido todavía los resultados de las fábricas pétreas, debido a que se ha querido prolongar en el tiempo su endurecido fuera de las normativas establecidas, dadas las características especiales del plan de ensayos previsto.Gran parte de la documentación base correspondiente a la catedral de Burgos ha sido facilitada por Marcos Rico,al igual que la de la catedral de Sevilla por Alfonso Jimenez.
4. La fecha de construcción de las cubiertas está recogida por Alfonso Jimenez en «Cartografía de montaña hueca», basada en el Libro de Fábrica n.º 2 de la Catedral de Sevilla.
5. La carga permanente primitivamente (siglo XV) es aproximadamente de 1.165 kg/m^2.
6. La configuración constructiva de las bóvedas de la catedral de Sevilla, asi como el reciente descubrimeinto de la existencia de una bóveda superpuesta, estan basados en el Estudio Estratigráfico realizado por el arqueólogo Alvaro Jimenez Sancho (Julio 1995).Actualmente se esta completando para poder realizar el modelo correspondiente para el trabajo que estamos realizando sobre las catedrales góticas españolas.
7. Pippard, A. J. (1936) «The mechanics of the voussoir» *Arch.Inst.Civ.Eng.* 4/281. (1951) «A Study of the Voussoir» *Arch. National Building Studies.* HMSO. London.
8. Crisfield, M. a and Packham, A. J (1987). «A Mechanism Program for Computing the Stregth of Masonry» *Arches.Res. 124.* Transport and Road Research Laboratory Crowthorne,Berks.
Robert Mark (1990) *Light, Wind and Structure.* The MIT Press Cambridge. Massachusetts. London.(Chapter n.º 4 Photoelastic model)
9. Jacques Heyman. «The stone skeleton» *International Journal of Solids and Structures.*(1966)
10. W.Flugge. *Stresses in shells* Springer 1961 Berlin.
A. M. Haas. *The concrete shells.* 1967. Jhon Wiley and Sons.Inc New York,London, Sydney
11. Eduardo Torroja. *Razón y Ser de los Tipos Estructurales.* Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento.Madrid
12. Se ha utilizado un programna diseñado por el Ingeniero Jose M.ª Izquierdo (INTEMAC) para la introducción automática de datos, generando fácilmente las diferentes geometrías de los distintos tipos seleccionados.Posterior aplicación del programa SAP-90 Elementos Finitos(Solid)
13. Restauration Cathedrale des Saints-Michel-et-Gudule (1983-88). Ministre des Travaux Publics.Bruxelles . Junio 1988. (Leonard Cassiman Inspecteum General) M.Bollaerts, H. Claes.
14. 900 Years The Restorations of Wetsminister Abbey. Foreword by HRH The Duke of Edinburgh. Thomas Cocke and Donal Buttress.
15. Un análisis realizado sobre las piedras de la catedral de Oviedo puso de manifiesto la existencia de piedras de Laspra sin dolomita, componente en un 90% de dicho tipo de piedra. *Las piedras de la catedral de Oviedo y su deterioro.* Rosa M.ª Esbert y Rosa M.ª Marcos.Colegio Oficial de Aparejadores de Oviedo 1983.
16. Como señala Robert Mark (*Experiments in Gothic Structure* 1982), no solo la diferente composición y dosificación de los artesanales morteros medievales de cal, sino que además sus características no hidráulicas y carbonatación aérea pueden haber prolongado durante siglos el endurecimiento total del mortero de las profundas y estrechas juntas de las fábricas de las catedrales.
17. F. Wenzel, M. Kahle «Indirec Methods of Investigations for Evaluating Historic Masonry». IABSE Symposium Rome 1993. Structural Preservation of the Architectural Heritage.

Proporción y estructura en los edificios civiles del Renacimiento

Miguel Angel Cobreros Vime

En el presente estudio se analizan determinados cambios en el diseño y en el dimensionado de las estructuras murales de la Arquitectura civil del Renacimiento. Estas innovaciones están directamente influenciadas por la introducción del Orden arquitectónico tomado en su sentido mas amplio. En este análisis se propone un campo limitado espacial y temporalmente a la arquitectura del sur de Europa en el período 1470/1570, donde podemos encontrar los ejemplos de mayor influencia.

Primeramente vamos a definir cuales son los cambios fundamentales en el diseño de la estructura, estudiándolos en alzado, sección y planta, a partir de asumir la propuesta clásica de los órdenes como mecanismo de control. Posteriormente se analiza la cuestión de la proporcionalidad a partir de la idea albertiana de considerar el organismo edificatorio como un todo armónico con sus partes.

La investigación parte de asumir el alto grado de coincidencia entre el tipo arquitectónico y el tipo estructural: en las estructuras de muros se puede cambiar la apariencia mediante la ornamentación pero la tipología arquitectónica coincide con la estructural, por ejemplo el tipo basilical solo tiene dos grados de libertad respecto a la estructura: adintelado o abovedado tanto para los muros como para el techo. En una palabra la planta no es libre.

En el diseño de los muros, la ornamentación aplicada, si existe, tiene que respetar determinadas condiciones en el tamaño y disposición de huecos. Si el muro soporta empujes, su relación hueco-macizo, es un factor importante pues influye en el peso propio, que es el factor determinante para la estabilidad de muros soportes de bóvedas.

Origen estructural y función virtual

La influencia de los órdenes en el diseño de los muros de fachada se debe a su origen estructural, se trata de una ornamentación de origen tectónico. Los mecanismos de control se establecen a través de la regularidad y la función virtual. Esta última se deriva de la necesidad estética de mantener las relaciones mecánicas originales en el nivel de la apariencia sensible y tiene unas importantes consecuencias.

La función virtual no es un resultado de investigaciones recientes, ya Palladio imponía a la decoración de columnas, pilastras y entablamentos la función de revelar la estructura real que hay detrás. El clasicismo francés del XVII y la los tratados de la Ilustración abundan en esta idea. Sobre el muro de fachada se proyecta el pórtico clásico de modo que las proporciones originales se mantienen con ligeras variantes. El muro resultante se puede entender como una serie de soportes murales, separados por huecos y por zonas murales de arriostramiento entre ellos.

El muro soporte de la ornamentación clásica puede ser continuo o con soportes entregados tal como lo entendía Alberti, en este caso los soportes o núcleos duros murales coinciden con la trama de los órdenes y en el primero solamente se puede imponer la coin-

cidencia de entablamentos y niveles de piso. Esto último es importante pues lleva a la identificación típica del clasicismo de orden y planta, propuesta por primera vez de forma explícita en el tratado de Serlio.

MODIFICACIONES EN EL DISEÑO

Fachadas Portantes

La aplicación de los órdenes sobre la superficie mural tiene siempre características positivas desde el punto de vista estructural. La concepción por plantas garantiza una correcta relación entre forjados y/o bóvedas con el muro, es decir supone una sección regular. La distribución regular de huecos supone la homogeneidad en la relación h/m y por ende en el peso propio estabilizador. Sujetar al muro a unas reglas de proporciones externas pero positivas influye en la estandarización de soluciones en las que el espesor mural queda como variable independiente.

Todo ello conduce a que el muro de fachada pueda ser plenamente ornamental sin perder capacidades portantes. Es decir que la reflexión decorativa sobre la base de los órdenes no perjudica la capacidad estructural sino que la racionaliza. Desde el punto de vista contrario podemos pensar en fachadas portantes sabiendo que no vamos a entrar en conflicto con el ornamento. De hecho en muchos edificios construidos por Sangallo el Joven no se implementa el orden a nivel decorativo, basta la regularidad en la superposición de plantas y en la distribución de huecos. El paso de muros de fachada no portantes a las fachadas ordenadas que soportan crujías se puede idealizar en un itinerario regular, Palacio Medici, Palacio Strozzi, Palacio Farnesio.

Esta cuestión es decisiva en las propuestas de estructuras murales, la fachada clásica es un elemento de gran capacidad portante y de contención de empujes. Su capacidad estructural queda definida por la relación h/m, por el espesor del muro y por la esbeltez. Puede incluirse en una estructura de muros paralelos formando crujías estables. Además hay que indicar su neutralidad frente a la solución de crujía que puede ser abovedada o adintelada permaneciendo la apariencia del muro y variando solamente el espesor. En la época impuesta en este estudio el muro de fachada soporta crujías abovedadas de seis a nueve metros, con relaciones c/L en el entorno del sexto de la luz. En la tabla 1 se resume las relaciones comentadas a partir de los datos de veinticinco edificios de la época, y en la tabla 2 se dan las mismas relaciones individualizadas por ejemplos.

La obtención de muros ornamentales y portantes en si mismos, no solo ocurre en los alzados exteriores, también las arquerías de patios aumentan su capacidad al pasar a ser arquerías murales. Estas arquerías se obtiene a partir de la proyección del orden sobre un muro con huecos arqueados. Es un elemento perfectamente definido en los tratados de la época, cuya relación h/m se sitúa en el entorno de 0.5. En la tabla 1 se resumen los datos de este elemento.

En la figura 1 podemos observar un ejemplo de muro de fachada correspondiente al palacio de Carlos V de Granada.

Síntesis en Sección

Anteriormente se ha comentado la cuestión de la identificación de orden y planta, que influye en el diseño de secciones regulares. Los tipos de secciones

Tabla 1

H/M	S/H	S/D	Esbeltez Fr.	Esbeltez Tr.	C/D	C/L Síntesis	C/L Adintel
0.10-0.18	1.2-2.5	2-5	2.5-5	7-10	0.66-2	0.12-0.18	0.08-0.12

H/M	S/H	S/D	Esbeltez Fr.	Esbeltez Tr.	C/D	C/L Síntesis	C/L Adintel
0.48-0.56	0.36-0.55	2-2.5	6-6.5	7-10	1-2	0.21-0.25	0.08-0.12

Tabla 2

EDIFICIO	ARQUITECTO	TIPO TECHO Y LUZ DE CRUJÍA	F/L	ESBELTEZ.T	C/L	H/M
P.FARNESIO	A.SANGALLO	AB+AD+AD.-11.30	0.30	9	0.10	0.12
P.FARNESIO.PAT	A.SANGALLO	AB+AB+AB.-5.50	0.50	10	0.20	0.46
P.CARLOS V	P.MACHUCA	AB+AD .-7.50(zagüanes)	0.27	9.5	0.20	0.17
P.CANOSSA	SANMICHELE	AB+AD .-8.80	0.42	8.5	0.15	0.14
P.POMPEI	SANMICHELE	AB+AD .-6.80	0.35	10	0.13	0.25
P.CONSERVAD.	MIGUEL ANG	AD+AD .-8.80	/	8.5	0.15	0.59
B.SAN MARCOS	SANSOVINO	AB+AD .-11.0	0.30	11	0.09	0.45
P.THIENE	PALLADIO	AB+AD .-6.40	0.50	11	0.11	0.14
P.THIENE.PAT	PALLADIO	AB+AB .-4.20	0.50	11	0.21	0.62
P.PORTO	PALLADIO	AB+AD .-7.00	0.50	9	0.11	0.18
P.CHIERICATI	PALLADIO	AD+AD .-11.2	/	11	0.16	0.67
P.FARNESIO	VIGNOLA	AB+AB+AD.-8.40	0.26	7	0.19	0.11
P.FARNESIO.PAT	VIGNOLA	AB+AB .-4.20	0.26	12	0.25	0.40
C.LONJA	HERRERA	AB+AB .-8.40	0.33	7	0.18	0.10
C.LONJA.PAT.	HERRERA	AB+AB .-5.80	0.50	7	0.21	0.55

encontradas son de dos clases: totalmente adinteladas o bien plantas bajas abovedadas con plantas superiores adinteladas. El alejamiento de los muros traveseros debido al diseño de salas con proporciones en plantas dobles o triples de la luz por un lado y la poca efectividad de estos muros frente a empujes interiores, cuestión que podemos ver en la figura 2 , hace que podamos estudiar las proporciones de la estructura y su equilibrio en la sección, solamente añadiendo el dato de la relación h/m.

En los casos de crujías abovedadas se produce una notable optimización del espesor mural debido al peso propio de plantas superiores sin empujes, mecanismo que definimos como síntesis en sección.

Para comprobar esta optimización es suficiente comparar el espesor necesario en naves abovedadas de una planta con el que se necesita, en las mismas condiciones de proporción de crujía, relación h/m y materiales para secciones sintéticas de dos plantas. Se pasa de un espesor entorno al tercio de la luz, a un espesor entorno al sexto, y como veremos posteriormente sin alcanzar tensiones medias excesivas en la base del muro.

La proporción en sección es un asunto muy analizado en los tratados de la época, Alberti y Palladio la deducen de las dimensiones de las salas principales en planta y prescriben proporciones H/L en el intervalo 1-2, en la práctica el entorno se reduce al intervalo 1-1.33 para las crujías principales que inducen proporciones en el intervalo 1.5-3 para las crujías de patio.

La altura de planta se encuentra en el mismo intervalo de la luz de crujía: seis/nueve metros. Esto conduce a esbelteces entre siete y diez, como hemos visto en la tabla 1.

En la figura 3 podemos ver la sección del Palacio Thiene de Palladio donde es posible observar como se produce la identificación de orden y planta, la regularidad de la sección y el concepto de caja mural obtenida por superposición de plantas.

La Planta Regular

La propuesta de Alberti, asumida por Palladio de coordinar los órdenes con el sistema constructivo, es

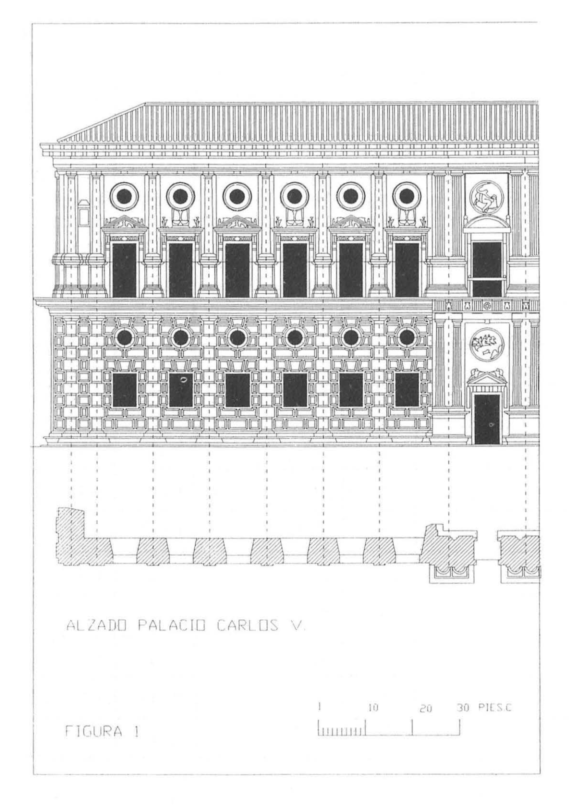


FIGURA 1

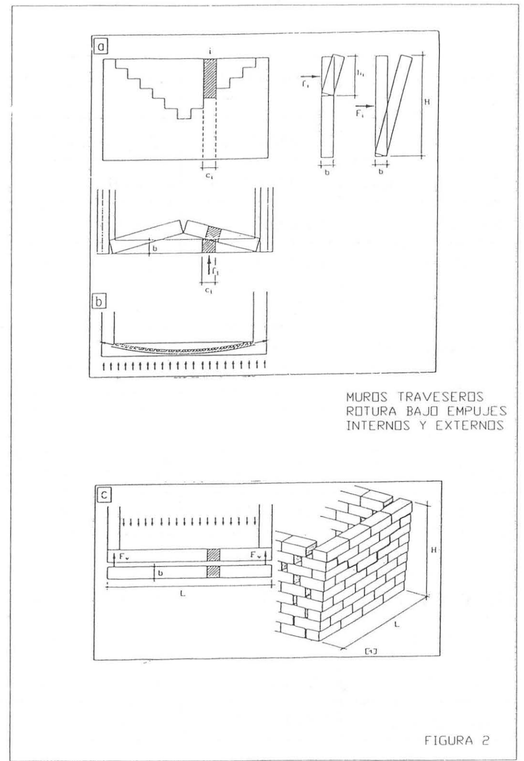


FIGURA 2

decir de conectar estructura y decoración tiene como consecuencia la regularidad de la organización en planta. Si en sección tenemos naves apiladas, en planta tenemos crujías agregadas, organizadas según polígonos regulares siempre que las condiciones de parcela lo permitan.

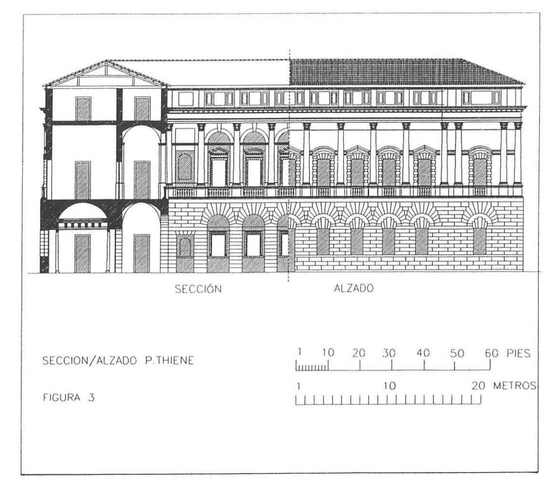
La organización regular que en algunos casos llega a definir la planta mediante el abatimiento de los órdenes del alzado, establece una coordinación entre elementos estructurales verticales y horizontales en puntos preestablecidos. Esta tipo de regulación evita efectos secundarios en la estructura, facilita las compensaciones de empujes, es evidentemente positiva respecto a esfuerzos sísmicos etc... Al mismo tiempo la distribución de cargas es muy homogénea, se distribuye en planos horizontales, los muros las transportan verticalmente debido a la superposición de huecos etc.. Esta homogeneidad supone la compatibilidad de deformaciones. En la figura 4, podemos ver la planta de La Lonja de Herrera, edificio donde el control de los órdenes es total en la disposición de los elementos constructivos y en el que se puede observar con claridad la organización por crujías.

DIMENSIONADO Y PROPORCIÓN

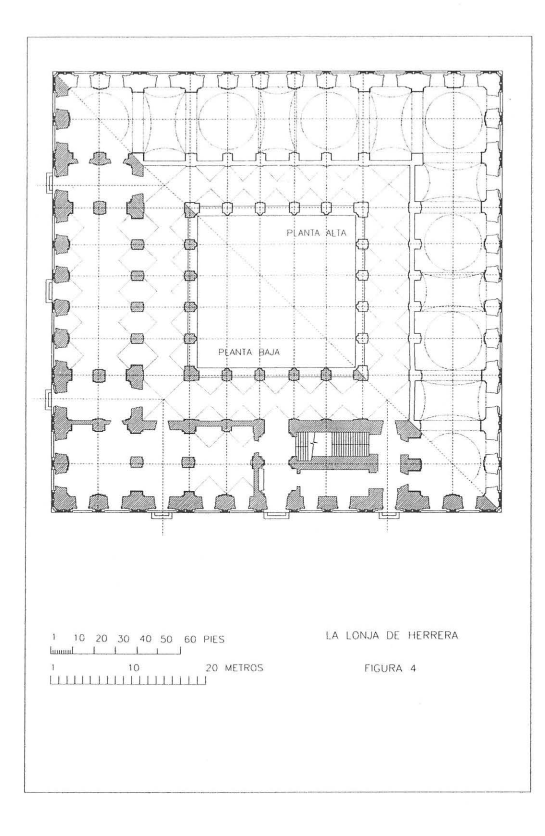
Proporción Generalizada

La idea de construir con los elementos relacionados entre si y con referencia a la totalidad del edificio, definida por los teóricos renacentistas como armonía, euritmia o simetría lleva a la cuestión de una unidad modular que gobierne el diseño. En la estructura esta idea tropieza con un módulo, el del orden, basado en el dimensionado de un sistema adintelado. Es posible dimensionar secciones adinteladas basando la esbeltez del muro en el módulo del orden asociado, sin embargo no es posible dimensionar de esta manera crujías abovedadas.

El primer tratadista, Alberti, tropieza en esta cuestión y por un lado relaciona el espesor mural con el diámetro de la columna asociada y por otro utiliza



fórmulas racionales, diferenciando de manera correcta entre sistemas adintelados donde emplea la esbeltez puesto que el problema principal es el viento y sistemas abovedados donde emplea la fórmula racional en función de la luz aunque solo para naves de una planta.



La formulación basada en igualar el espesor mural, flechas en bóvedas o espesores en las mismas con una fracción de la luz de crujía es el remanente posible de la idea de proporción generalizada. Significa que la relación c/L, se considera independiente de la luz.

Dimensionado Fraccional

El dimensionado fraccional, no distingue entre relaciones F/L, quizá debido a la idea de la superioridad del semicírculo como directriz de las bóvedas. Tampoco tiene en cuenta las proporciones en sección, ni las variaciones de h/m en el muro.

Es evidente que la idea de proporción tomada así contradice la ley cubo/cuadrado de Galileo, aunque también es verdad que dicha ley puede ser eludida cuando el problema de dimensionado no es el de la resistencia de la sección.

El problema de estabilidad es mas importante que el de resistencia en las cajas murales de la época, sobre todo cuando son abovedadas. Los espesores necesarios para equilibrar la sección garantizan bajos niveles tensionales, considerando la tensión media en la sección. Se trata en definitiva de utilizar la energía gravitatoria de las masas, para equilibrar los empujes, de modo que el descentramiento de las resultantes de peso propio produzca un par centrador que equilibre el momento de vuelco.

Es pues un problema de geometría y proporciones que se puede resolver gráficamente, dibujando las líneas de empujes y comprobando que estas se mantienen dentro de la geometría del muro y de las bóvedas. Al ser un problema de este tipo la idea de dimensionar proporcionalmente no está fuera de lugar, y es mas adecuada a un tipo de diseño que basa el dimensionado en fracciones de la luz de crujía para el espesor mural, espesor de las bóvedas y flechas de las mismas. Todo ello en el marco de secciones que procuran mantener unas determinadas relaciones entre altura y luz.

Es evidente que el espesor del muro se muestra muy sensible a las variaciones de proporción H/L, debido al aumento del brazo volcador y mas aún a las variaciones de F/L.

Las variaciones en h/m modifican el peso propio estabilizador y la mayor o menor resistencia del ma-

terial permiten mayores descentramientos de la resultante, puesto que el peso es resistido por un residuo de la sección cobaricéntrico con la resultante de cargas verticales.

La línea de empujes en el interior de la bóveda es indefinida, aunque siempre podemos considerar la de máximo empuje.

En definitiva todos estos factores limitan la validez de la formulación fraccional.

Casos de c/L constante

Podemos fijar los valores anteriores y estudiar los espesores murales en función de la luz para cada caso. En este análisis se fija el peso propio de la obra de fábrica en 2 ton/m3. Se estudia dos tipos de muros: los muros de fachada con relaciones h/m 0.1, que se corresponden con las fachadas urbanas y las arquerías murales de patio, en algunos casos también exteriores, que suelen tener su relación h/m en torno a 0.5. Las bóvedas consideradas son de directriz circular con relaciones F/L entre 0.2 y 0.5. Las secciones estudiadas son de dos plantas, sintéticas con proporciones H/L 1/1 y 1.5/1. Se ha considerado al muro de una sola hoja y por lo tanto homogéneo, lo cual puede suponer que los espesores obtenidos sean bajos, sin embargo esta limitación no invalida el análisis de la proporcionalidad.

Para considerar los empujes se ha utilizado una formulación basada en una distribución de cargas parábolica aproximada a la existente en este tipo de secciones que produce una línea de empujes parabólica muy rebajada, que se adapta especialmente a la directriz circular cuando la distribución de cargas disminuye desde los extremos a el centro. Esta formulación de tipo elástico nos permite obtener un valor para los empujes en función de F, Q, L.

Con estas limitaciones la formulación racional es válida. Los momentos de vuelco crecen con el cubo de la luz, igualmente que los momentos centradores. Resulta posible establecer una ecuación de equilibrio en la base del muro.

Si llamamos p al factor de peso propio del muro, q al factor de peso propio de la bóveda y r al factor de empujes dependiente de la flecha y de la proporción H/L, tenemos en primera instancia, para un elemento unitario de sección:

$$pLc^2 + qL^2c — rL^3 = 0$$

dividiendo por L3 y llamando X a la relación c/L queda

$$pX^2 + qX — r = 0$$

Por lo que en estas condiciones es posible definir una relación c/L constante e independiente de la luz para cada caso estudiado, cuyo resumen vemos en la figura 5. La única limitación es el nivel tensional que crece linealmente con la luz y que en los casos estudiado varían entre 0.5 y 4 kg/cm2 de tensión media para el entorno de luz cinco/diez metros. Esta tensión media se puede poner en función de c y L:

$$\text{Tensión media por ml} = p\,L + q\,L^2/c\ (\text{ton/m}^2)$$

De los tres factores, el debido a la bóveda tiene menor importancia en el resultado, su aportación se sitúa entre un cinco/diez por ciento para las relaciones h/m bajas y entre un diez/quince por ciento para las arquerías, por lo que para ciertos casos de F/L y

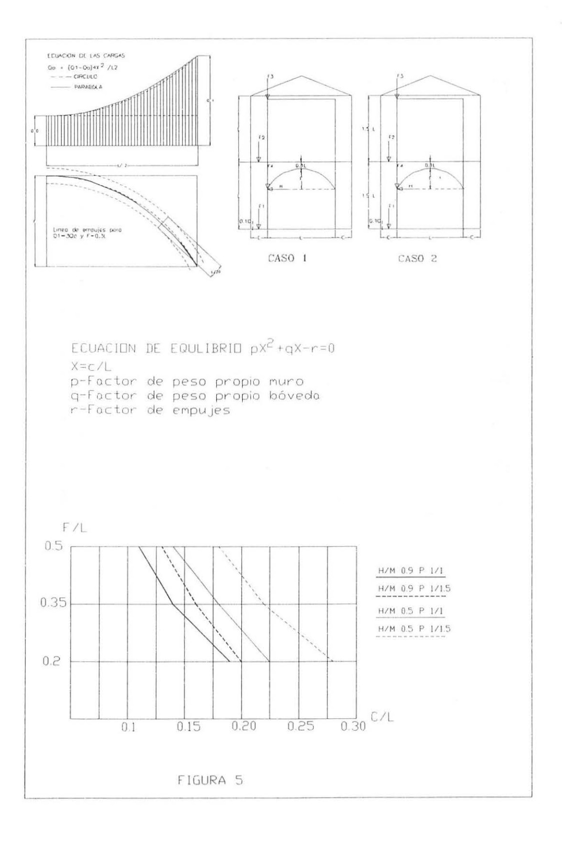


FIGURA 5

h/m bajas es posible simplificar la ecuación de equilibrio eliminando el factor q, entonces:

$$X = (r/p)^{1/2}$$

Los otros dos factores tienen la misma importancia, una reducción de peso propio pasando de muro a arquería es equivalente a una reducción de flecha en la bóveda de 0.5 a 0.2 o un cambio en la proporción de unitaria a sesquialtera.

La reducción de h/m lleva a mayores espesores y menores valores tensionales. Los espesores calculados para los muros de fachada están en el entorno 0.10/0.20 de la luz y para las arquerías en el entorno 0.15/0.25. Traduciendo estos valores a esbelteces el valor máximo que se obtiene es once para el caso de proporción 1.5/1, h/m igual a 0.1 y F/L igual a 0.5.

CONCLUSIONES

El pretendido abandono de la reflexión estructural de la arquitectura civil renacentista no es tal, si bien no se busca el logro estructural aparente. El record se cambia por la optimización y la racionalidad que aporta la regularidad y la idea de proporción generalizada y de interrelación entre las partes, en este sentido hay que matizar que el óptimo clásico significa la elección de lo mas adecuado en función del diseño en su conjunto. Hemos visto rápidamente lo que considero mas importante en cuanto a los cambios de metodología en arquitectura civil. Fachadas portantes ornamentales en sí mismas, aprovechamiento del peso propio en vez de compensaciones de empujes, concepción por plantas y por crujías. La formulación empírica de tipo fraccional inaugura un camino de dimensionamiento basado en la experiencia, en el modelo construido que se puede extrapolar, método propio de la arquitectura de la época del clasicismo.

BIBLIOGRAFÍA

Alberti, L.B., *Los diez libros de Arquitectura de León- Baptista Alberti* traducidos del latín por J. Fresnillo. Madrid, 1991

Benedetto, C., *Conservazione edilizia e tecnologia del Restauro.* Roma, 1992.

De Miguel J. L., Muros, artículo publicado en el curso de Restauración de la Universidad de Valladolid. Valladolid, 1992.

Di Pasquale, D., «Questions concerning the mechanics of masonry». *Stable-Unstable? Structural Consolidation of ancient Buildings,* editado por R.M. Lemaire y K. Van Balen. Leuven: Leuven University Press 1.

García Tapia, N., *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento.*Valladolid, 1990.

Guindal-Lafarga, A., *Los modelos estructurales antiguos. Evolución y aportaciones en los métodos y análisis.* Curso de Restauración del COAM. Madrid, 1987

Heyman, J. *Teoría, Historia y Restauración de Estructuras de Fábrica.* Madrid, 1995

Lozano G, A., *Reestructuración de edificios de muros de fábrica.* Gijón, 1995.

Palladio, A., *Los Cuatro Libros de Arquitectura.* Traducción de A.Martinez Crespo. Madrid, 1988

Serrano Cerezo, E., «La técnica del Humanismo» *RTI* enero-febrero de 1977.

Summerson, J., *El Lenguaje Clásico de la Arquitectura.* Barcelona, 1991.

Szambien, W., *Teoría y Terminología de la Arquitectura en la Epoca Clásica.* Madrid, 1.993.

Wittkower, R., «La Proporción en el arte y en la arquitectura». Artículo publicado en 1955 y recogido en *Fundamentos de La Arquitectura en la edad del humanismo.* Madrid, 1995.

GLOSARIO

Relación Hueco-Macizo h/M.
Relación Flecha-Luz F/L.
Relación Espesor-Luz c/L
Altura de planta H.
Proporción en sección H/L.
Anchura de soporte mural s.
Módulo del Orden D.
Anchura de Hueco b.
Esbeltez H/c.

El desarrollo tecnológico de las bóvedas de madera en la experiencia de Lemer

Raffaella Conti

Los estudios sobre la técnica arquitectónica siempre han suscitado mucho interés por la perfecta simbiosis que existe entre la evolución estética y estructural.

La historia nos enseña cómo el aspecto técnico y tecnológico responde a precisas exigencias funcionales, estáticas y formales.

Un ejemplo muy interesante nos viene dado a través de la experiencias de Lemer, arquitecto Jesuita que trabajó para la construcción de la bóveda que aún hoy cubre la nave central de la iglesia de la Compañía de Jesús en Córdoba, Argentina.[1] (figura 1). La iglesia del 1600, no tiene características arquitectónicas de particular relevancia, sino en la bella y rica bóveda que decora con gracia y refinamiento el interior.

Figura 1
Planta de la iglesia de la Compañia de Jesús

Las condiciones de atraso cultural y de inexperta mano de obra del lugar, evidencian mayormente la habilidad del Lemer que tuvo que enfrentarse, no solamente con las dificultades estructurales intrínsecas de la bóveda, sino también con los obreros poco preparados que le rodeaban.

Por muchos años la iglesia quedó incompleta a causa de la falta de una cubierta adecuada sobre la nave; a los arquitectos de la Compañía de Jesús se les presentaban una serie de problemas que sólo un hábil carpintero de barcos habría podido resolver.[2]

La amplitud de la luz de la bóveda, de 15 metros, no podría ser cubierta por una estructura de ladrillos muy pesada, por sus delgados muros perimetrales sin contrafuertes adecuados (figura 2).

La habilidad de Lemer surge en este caso, su nacionalidad flaminga y su experiencia acumulada en numerosos viajes hechos a Europa, trabajando en obras navales como constructor de barcos, lo llevó a ser una de las figuras más cultas y sabias en el campo de la arquitectura del nuevo mundo.

La solución concebida por Lemer, nos hace pensar que ha tenido en las manos el famoso tratado de Ph. De l'Orme, arquitecto francés que escribió *Nouvelles inventions pour bien bâtir et à petit frais.*

En el libro, hay páginas que tratan sobre amplios espacios cubiertos por estructuras de madera de distintas formas y con diferentes motivos de arco.[3]

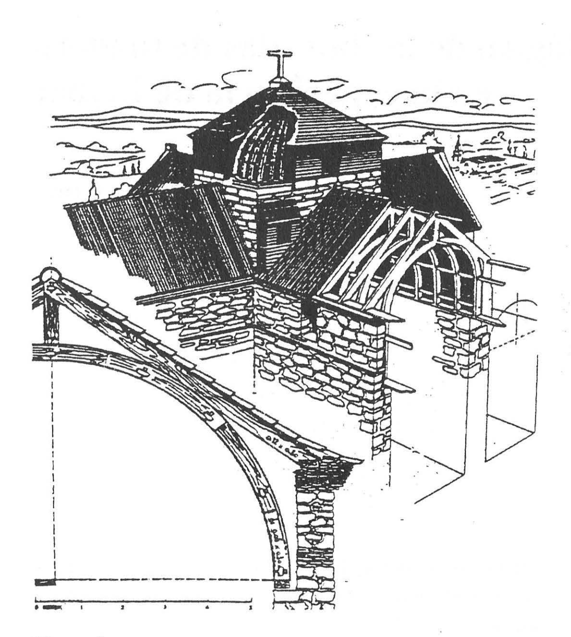


Figura 2
Detalle de la cubierta del techo de la iglesia de la compañía de Jesús

En los dibujos, la estructura se realiza con una superposición intercalada de tablas ensambladas entre ellas simplemente con clavos.

Lemer tomará como base estas sugerencias para examinarlas y adaptarlas a sus exigencias creando así, una estructura particular con la característica original de ser una estructura portante (figura 3).

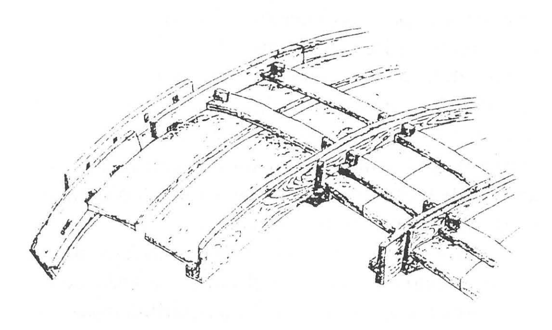


Figura 3
Detalle tecnológico de la bóveda de la nave central

La forma que él adopta es la de una quilla de barcos invertida, sugerida seguramente por la similitud que existe entre la estructura de los barcos y la de la cubierta.

Pero lo que interesa es composición de pequeños pedazos de vigas, que entrando en tension entre ellos, crean un juego de equilibrio manteniendo la característica de bloque autoportante.

También las faldas del techo, sólidamente ancorado al arco con la viga maestra y otros dos puntos de apoyo tangentes a la estructuras, forman parte de la compleja articulación (figura 4).

La bóveda, de este modo, descarga sólo el peso sobre el muro perimetral el cual recibe fuerzas verticales y no como sucede con los arcos, con fuerzas diagonales.

Por otro lado, el tratado de Ph. De l'Orme, siendo de carácter esencialmente teórico, daba mayor desahogo a la imaginación y a la experimentación de formas nuevas como la de Lemer, que fue seguramente una de las más acertadas.

En efecto, De l'Orme utilizaba clavos, cosa que Lemer descartó enseguida uniendo los elementos con una serie de cúneos que impedían a la bóveda cerrarse o abrirse.

Para crear una perfecta coacción entre las partes y el equilibrio del todo, Lemer tuvo que dimensionar perfectamente todos los elementos, desde las tablas y las vigas hasta los importantísimos cúneos que creaban en el complejo una rígida estructura reticular.[4]

En consecuencia, la bóveda fue realizada con una serie de arcos cada uno de los cuales compuestos por tantos pedazos de pequeñas vigas largas de casi 27 cm y con el espesor que daba sobre el «estradosso» de la bóveda, para que obtuviera una mayor resistencia en la parte transversal del arco.

Todos los elementos fueron plegados siguiendo una débil curvatura que daba forma al arco y, la idea de componer pequeñas partes, todas iguales entres ellas, sirvió a Lemer para facilitarle la ejecución. Probablemente la estructura fue realizada sobre el piso y después levantada con una estructura para ponerla sobre el apoyo del muro de la nave.

Contribuía a las tensiones de los arcos, un sistema de tablas interpuestas entre las vigas de la estructura, que creaba una unión longitudinal, también ésta forzadamente encurvada.

La armadura, o mejor, los arcos, distaban uno del

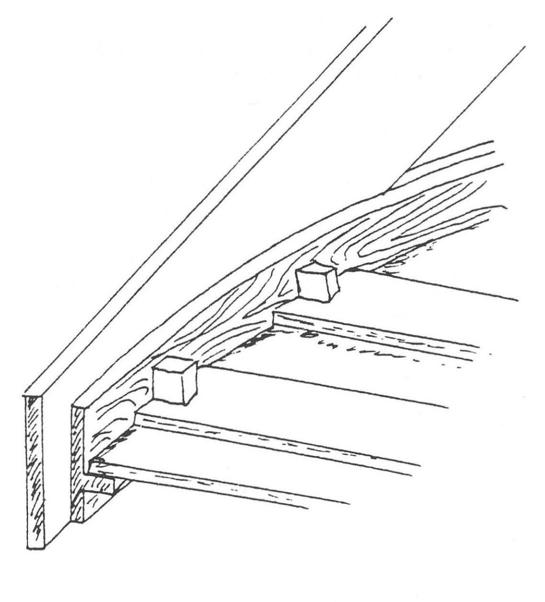


Figura 4
Detalle del encuentro entre el techo y las vigas de la bóveda

otro casi un metro y, se contaban 29 a lo largo de toda la nave.

Parte del espesor de estas aristas sobresalía sobre el «intradosso» de la bóveda, creando un motivo rítmico que dividía el espacio ricamente decorado por los tallados y por el trabajo de las partes salientes (figura 5).

Lemer, de este modo, logró dar vida a una nueva forma usando los conocimientos estáticos y físicos de la arquitectura como de la naturaleza (en este caso se hace referencia a la madera) pero no solamente, usó la habilidad de los talladores de madera de la gente indígena para enriquecer su obra con un notable valor estético.[5] Hoy, en efecto, una de las mayores atracciones de la ciudad está dada por la visita que se hace a la iglesia para admirar la espléndida bóveda, que denota admiración también para el más inexperto de los observadores.

La experiencia de Lemer sirve para hacernos comprender cómo un buen arquitecto debe ser seguramente un buen tecnólogo para llevar adelante la arquitectura.

Una particular curiosidad que nos interesa, es el hecho que en el mismo modo fue realizada la bóveda

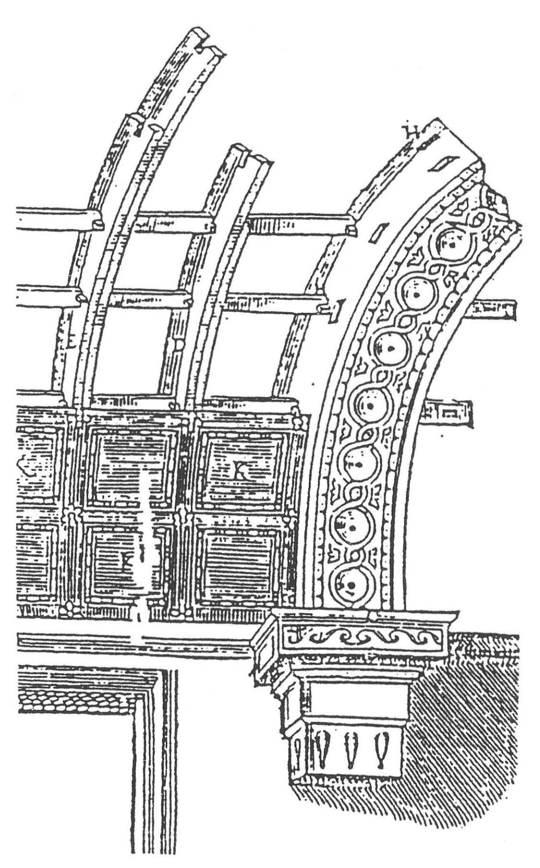


Figura 5
Dibujo del intradós de la bóveda

de la capilla doméstica, un ambiente anexo a la gran iglesia y de igual refinamiento.

Esto nos hace pensar en una prueba inicial que quizás nuestro arquitecto quería probar antes de iniciar la experiencia de la gran bóveda.

NOTAS

1. Esta bóveda ha sido estudiada en los más mínimos detalles por Gallardo Sosa, M. y también por otros arquitectos, uno de los más recientes el profesor Lanner. Se piensa que en América Latina esta obra es única en su género y posiblemente en el mundo como lo dice el profesor Patetta. Muchos estudiosos retienen interesante la comparación de la bóveda con el tratado de De l'Orme.
2. Sosa Gallardo, M., *Bóveda y cúpula de la iglesia de la Compañía de Córdoba,* Buenos Aires, 1897, pp. 39-40.
3. De l'Orme propone una relación de cinco medidas de luz para edificios con techo abovedado, de 7,80 m a 35 m. Para los edificios que poseen una luz de 11,75 m, el autor recomienda segmentos de 0,27 m y de un ancho igual a 0,40 m de espesor. Lemer utilizar medidas de 0,33 m y de 0,070 m.

Aportaciones arqueológicas al conocimiento de las técnicas de construcción de la Córdoba bajomedieval

Ricardo Córdoba de la Llave

La investigación histórica sobre técnicas de construcción está todavía muy poco desarrollada. Los historiadores que trabajan con documentación escrita no han dedicado gran atención al examen de los datos de carácter técnico contenidos en la misma, mientras que los arqueólogos, arquitectos e historiadores del Arte, que trabajan con fuentes materiales, es decir, sobre los propios edificios procedentes de la Edad Media, han prestado tradicionalmente más atención a aspectos puramente estéticos, estilísticos o constructivos que a los de carácter técnico.

La tecnología de la construcción usada en Córdoba durante la Baja Edad Media viene siendo objeto de mi atención desde hace algunos años en un doble sentido. En primer lugar, mediante el examen de la documentación escrita conservada en la ciudad de Córdoba; las fuentes escritas que nos informan sobre este tema para los siglos XIV-XV se encuentran repartidas entre el Archivo Municipal de la ciudad —donde se conservan unas ordenanzas de alarifes de 1495 y referencias sobre construcciones públicas en los libros de actas capitulares del concejo, fechados en los años 90 del siglo XV— y el Archivo Histórico Provincial de Córdoba, en cuya sección de protocolos notariales se conserva un buen número de contratos de obras, datados entre 1460 y 1500, que nos ponen en contacto con las técnicas de construcción empleadas en la Baja Edad Media para la realización de viviendas, calles, puentes, obras de infraestructura hidráulica y un largo etcétera de materias. Los primeros resultados del estudio de esta documentación, llevado a cabo ininterrumpidamente desde el año 1986, aparecieron publicados en 1990 en el capítulo sobre construcción e industrias de la edificación de mi libro sobre *La industria medieval de Córdoba*, editado por la Caja Provincial de Ahorros.

El conocimiento de esta documentación debía ser completado mediante el estudio directo de las construcciones datadas en aquel período y, en ese sentido, nuestra investigación ha recibido un fuerte empuje gracias a las diversas excavaciones arqueológicas llevadas a cabo en la ciudad durante los últimos años y en las que nos ha sido posible participar; en concreto, la información recopilada procede de excavaciones realizadas con carácter de apoyo a la restauración de monumentos, durante el transcurso de las cuales ha sido posible estudiar abundantes restos de cimentaciones, lienzos de muro y revestimientos en edificios procedentes de época medieval que aun permanecen en pie o que conservan parte de sus alzados. Tales intervenciones se han centrado en el tramo de muralla conservado en la calle Ronda del Marrubial, en la iglesia del antiguo convento de Santa Clara de Córdoba (calle Rey Heredia) y en las iglesias parroquiales de La Magdalena y San Pedro —todas ellas obras de los siglos XIII y XIV— y han sido realizadas durante los años 1994-96 por un equipo de arqueólogos dirigido por Pedro Marfil Ruiz.

Los datos arqueológicos resultan imprescindibles para corroborar los contenidos en la documentación, dado que aportan un valioso testimonio material que completa y confirma el conocimiento de las técnicas

constructivas usadas en Córdoba durante los siglos XIV y XV adquirido mediante el recurso a las fuentes escritas. En esta labor solo hemos dado los primeros pasos y realizado las primeras observaciones, que esperamos ir completando mediante la participación en un mayor número de intervenciones y estudios arqueológicos en años sucesivos, de forma que por el momento solo podemos ofrecer unos primeros resultados de la investigación, limitados a señalar algunos de los rasgos más sobresalientes de las técnicas empleadas en la realización de cimentaciones, la construcción de muros de piedra, ladrillo y tapial y los elementos de revestimiento de dichos muros.

En cuanto a las técnicas de cimentación, hay que comenzar indicando que la arqueología confirma algo que ya testimoniaba la documentación y que, por otra parte, resulta obvio y es que los cimientos siempre se realizaban en piedra, tanto en las grandes edificaciones como en las viviendas más humildes. En época bajomedieval se emplean casi siempre para la cimentación sillarejos de piedra caliza, mal escuadrados e irregulares, asentados con argamasa entre sus juntas y con unas dimensiones medias reducidas, inferiores a los 50 cm de longitud y 30 de altura. Lógicamente, existen gran variedad de módulos en la sillería de cimentación y diversidad de disposiciones, pero todas las estudiadas hasta la fecha presentan unos caracteres comunes que las diferencian claramente de las cimentaciones islámicas, constituidas por sillares de mayor tamaño, dispuestos a tizón, y a veces con alternancia de zonas de relleno de cantos rodados y bolos de arenisca, técnica ésta de combinar rellenos y sillares que no parece haber sido empleada en las construcciones cristianas (figura 1).

Entre los rasgos técnicos más destacados de las cimentaciones bajomedievales destaca, en primer lugar, la aparición de rebancos o zarpas, es decir, progresivos ensanchamientos de la cimentación que se va haciendo cada vez más ancha conforme profundiza en el terreno. Para obtener el efecto de estabilidad y firmeza deseado que justifica el uso de estos rebancos se emplean diversos sistemas; en las iglesias de La Magdalena y San Pedro, aparece un gran escalón, de 40 cm de ancho, al inicio de la cimentación, escalón donde descansa el muro principal y las pilastras que sujetan bóvedas o arcos, para a partir de dicho escalón el muro bajar en vertical; ese sistema ha sido documentado igualmente en construcciones islámicas como la perteneciente a los restos de mezquita conservados en la iglesia de Santa Clara. En

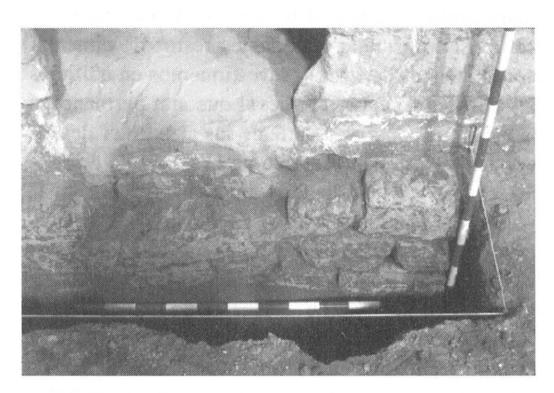


Figura 1
Inicio de la cimentación a interior del lienzo meridional de la iglesia de La Magdalena, constituida por los típicos sillarejos a tabla (siglo XIII)

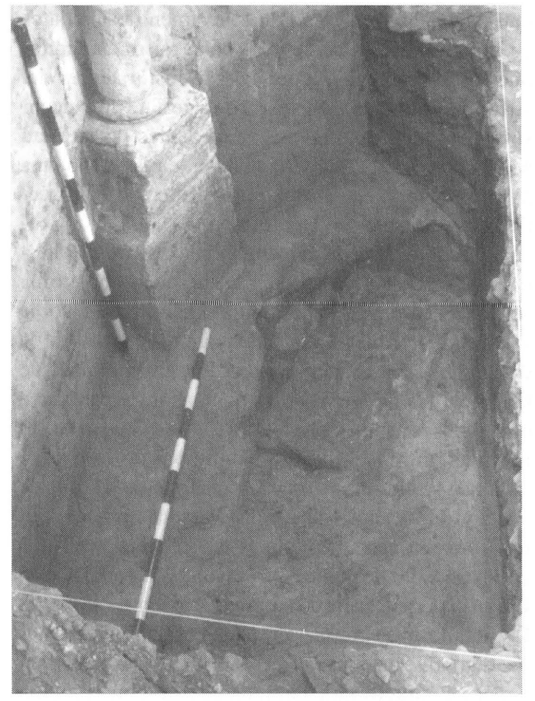


Figura 2
Rebanco de cimentación en el ábside de La Magdalena, constituido por una zarpa de 40 cms. donde apoyan las pilastras de sujección de la bóveda (siglo XIII)

cambio, en las murallas de Córdoba los rebancos son de menor tamaño (15-20 cm de anchura) y suelen aparecer dos o tres colocados a distinta profundidad que van abriendo el cimiento progresivamente hasta alcanzar una diferencia de 40-50 cms de anchura con respecto al perfil del muro. Esta técnica de ensanche de la cimentación mediante escalonamiento se encuentra documentada en el caso de las murallas de Sevilla y de Murcia, ambas datadas igualmente en el período bajomedieval.

Una segunda técnica de cimentación bien documentada es la conocida en la época como «coronación de cimientos». Consiste en prolongar la altura del cimiento por encima de tierra, formando con éste la parte baja del muro o pared que va a la vista. Es un sistema que suele emplearse en unión a muros de tapial, precisamente para proteger la zona inferior del tapial de la acción erosiva del agua de lluvia y del roce de personas y animales. Esta cimentación, que aparece a la vista, lo hace bajo la forma de zócalo; en las murallas del Marrubial aparece un zócalo compuesto por tres o cuatro hiladas de sillarejos, prolongación a la vista de las hiladas que constituyen la cimentación, aunque mejor trabajados, mejor asentados y con presencia de marcas de cantería inxistentes en la parte del cimiento que va cubierta. Por lo demás, el conocido zócalo gris o marrón que aparece pintado en la parte inferior de las viviendas tradicionales andaluzas, cuya pared está constituida en el resto por pintura blanca de cal, no es sino la pervivencia o fosilización en el tiempo de esta técnica de coronación de cimientos usada para proteger los muros de tapial.

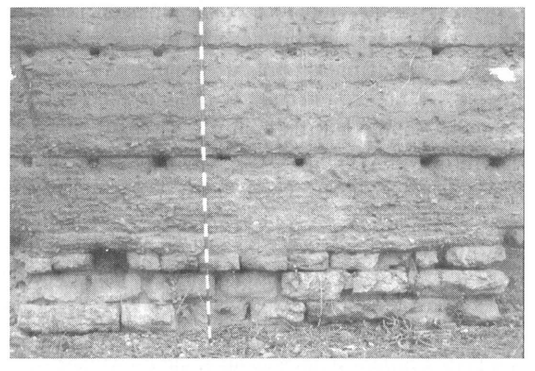


Figura 3
Zócalo de sillería en las murallas del Marrubial, edificado mediante la técnica de coronación de cimientos (siglo XIV). Se aprecian los cajones de tapial con los rasgos descritos más abajo

Por lo que hace referencia a los alzados, ya hemos indicado que se dan en la época tres soluciones constructivas: la piedra, el ladrillo y el tapial. La piedra fue muy poco usada, quedando reservado su uso para las grandes edificaciones públicas o religiosas o para ciertas instalaciones industriales que necesitaban estar dotadas de una mayor resistencia (caso de los molinos hidráulicos). Aparecen con frecuencia muros de sillería, con sillares perfectamente escuadrados y asentados que demuestran una espléndida labor de cantería, pero son más frecuentes los muros integrados por sillarejos a tabla. En los muros bajomedievales no se emplea con tanta frecuencia como en las edificaciones islámicas el aparejo a soga y tizón, pero ello no significa que no se use durante los siglos XIV y XV; existen edificios bajomedievales que presentan este tipo de aparejo a la vista (como es el caso de la capilla de San Bartolomé) y, en todo caso, es frecuente el empleo en los muros de sillería de los llamados perpiaños, tizones que atraviesan todo el grosor del muro y que van colocados en posición tranversal para dotar a éste de mayor solidez; generalmente no se denotan como tales tizones en superficie, sino solo como piedra de manor tamaño, es decir, con una cara vista de módulo más reducido lo que dificulta establecer su myor o menor frecuencia de uso.

Las juntas de sillares y sillarejos van siempre trabadas con un mortero de color oscuro en cuya composición interviene la cal en muy escasa proporción, predominando la arena y elementos desgrasantes. Estos morteros bajomedievales son completamente distintos a los usados en las construcciones islámicas de Córdoba, que poseen una blancura llamativa por la altísima proporción de cal por la que están integrados, mientras que los usados en los siglos XIV y XV aparecen a la vista parduzcos, con gruesos fragmentos de piedra o ladrillo en su interior, con un aspecto mucho más tosco. Su empleo es, sin embargo, absolutamente general y no se conocen muros de sillares asentados en seco o trabados mediante otro sistema que no sea el ya descrito.

Es muy característico de la edificación en piedra bajomedieval el uso de cantos rodados, fragmentos de ladrillo o de teja, insertos entre las juntas de los sillares o sillarejos a manera de calzos para la piedra;



Figura 4
Reformas en el muro Oeste de la torre medieval de La Magdalena, donde se aprecian los numerosos calzos de cantos rodados en las juntas de los sillares (siglo XVII)



Figura 5
Aparejo de sillería, con presencia de sillarejos a tabla y calzos de ladrillo en las juntas, perteneciente a los baños del palacio episcopal (siglo XV)

su finalidad es servir de nivelación a la superficie sobre la que se asentará el siguiente sillar o en uno de sus laterales. El empleo de cantos rodados en las juntas es desconocido en las edificaciones islámicas de Córdoba y constituye, por lo tanto, un valioso elemento para datar los aparejos aunque hay que decir que su uso se multiplica conforme nos adentramos en los primeros siglos de la Edad Moderna y que, por lo tanto, no es posible afirmar que un aparejo de sillería donde aparezca este recurso sea medieval, es posible que pueda ser de los siglos XVI o XVII.

Durante estos siglos es también muy común el uso de hiladas de ladrillo insertas entre las de piedra para obtener ese efecto de nivelación; el empleo de hiladas o, cuando menos, grupos de ladrillos para conseguir la nivelación de los sillares aparece documentado, como fecha más temprana, en algunas construcciones islámicas tardías, de fines del siglo XII o principios del XIII, pero su mayor extensión se verifica durante la época moderna hasta convertir en característico de la construcción cordobesa un aparejo mixto donde alternan superpuestas las hiladas de piedra y de ladrillo, en proporción de una o dos de sillares o mampuestos por dos o tres de ladrillo.

Finalmente, podemos citar como elemento diferenciador de los aparejos islámico y cristiano en Córdoba la presencia de marcas de canteros en los sillares. Desconocidas en época islámica, las marcas de cantería se multiplican a partir del siglo XIV apareciendo con frecuencia, al menos en los sillares mejor labrados. En los edificios bajomedievales de Córdoba se conservan muchas de ellas (murallas del Marrubial, torres del Alcázar Cristiano, iglesias) aunque son todas muy similares y no es posible, al menos de momento, usarlas para la datación de los muros donde aparecen en función de que motivos idénticos o muy parecidos se repiten con diferencia de varias décadas.

Por lo que se refiere a las técnicas de construcción de muros en ladrillo, la documentación bajomedieval distingue dos tipos principales, las acitaras, muros de ladrillo asentado de plano, y los tabiques, pared delgada de ladrillo trabado con yeso usada generalmente para la división de espacios interiores. Sin embargo, este material fue sobre todo empleado para la realización de bóvedas de medio cañón, pilares, pilastras y arcos en las distintas obras de arquitectura, usos de los cuales nos ha quedado abundante muestra. Por ejemplo, son de ladrillo asentado de canto las bóvedas de medio cañón conservadas en la iglesia de Santa Clara y datadas en el siglo XIV; también aparece su uso en los arcos, a veces edificados mediante el empleo exclusivo de este material, a veces alternando con sillares de piedra, como los que también se conservan en Santa Clara, del siglo XIV, construidos en la más pura tradición de los arcos de la Mezquita de Córdoba o del acueducto de los Milagros; finalmente, es frecuente verlos aparecer en pilastras o muros asentados de plano y trabados con un mortero oscuro y basto, con gran proporción de arena, similar al ya descrito en el caso de la sillería.

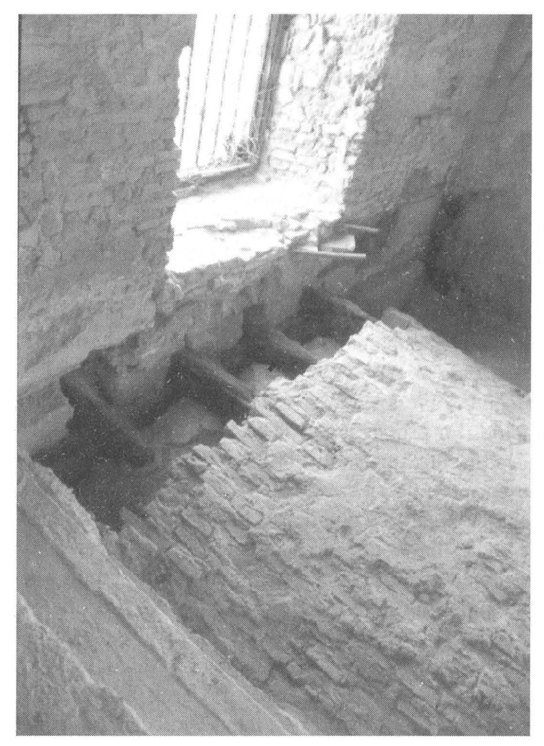


Figura 6
Bóveda de medio cañón en la iglesia de Santa Clara, integrada por ladrillos colocados de canto y trabados con argamasa (siglo XIV)

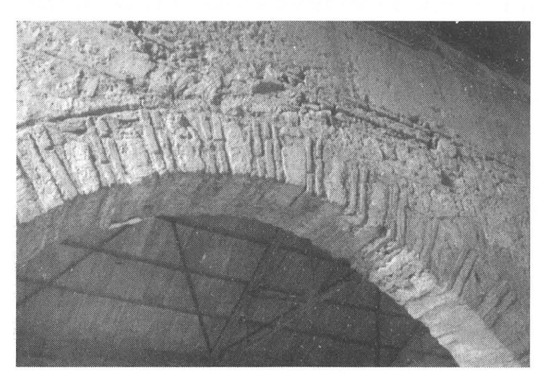


Figura 7
Arcos de medio punto en la iglesia de Santa Clara realizados mediante alternancia de ladrillo y piedra (siglo XIV). En la parte superior del arco se conservan enlucidos originales sobre enfoscado con inclusión de paja

Las ordenanzas de alarifes de 1495 establecen en dos palmos las dimensiones que debía alcanzar el ladrillo y medio; el palmo es una medida de longitud con una equivalencia que ronda los 21 cm (dos palmos, 42 cm), lo que quiere decir que cada ladrillo debía medir en torno a los 28 cm según la documentación. Esas dimensiones quedan plenamente confirmadas por la investigación arqueológica, pues los ladrillos usados en edificios bajomedievales se mantienen siempre entre los 28-30 cm de longitud, 14-15 de anchura y 4-5 de grosor, medidas que cabe calificar de «standarizadas» para todo el período medieval. Con todo, es difícil precisar que los aparejos donde se usan ladrillos con esas dimensiones procedan de los siglos XIV o XV, pues dichas medidas son también comunes a los ladrillos usados en las obras islámicas y, sobre todo, a los empleados en edificios más modernos, de los siglos XVII y XVIII, lo que hace la datación inviable en función de las dimensiones del ladrillo. Habría que indicar igualmente que los ladrillos, al igual que las tejas, presentan pastas muy diferentes durante los siglos bajomedievales, hay algunos de pasta muy roja, como los refractarios usados en hornos y hogares, otros de barro amarillo y otros que deben ser mezcla de arcillas y limos de diferente calidad. En general, llevan abundantes desgrasantes y su apariencia es también tosca y rugosa.

En cuanto a los muros de tapial, las ordenanzas de alarifes de 1495 fijan las dimensiones de cada tapia, es decir, de cada cajón de tapial o bloque resultante de un encofrado, en ocho ladrillos de largo y tres de alto; si establecemos la longitud media de un ladrillo en los 28 cm antes citados, tendremos que la altura del cajón debe alcanzar los 84 cm y su longitud los 2.24 m. El uso de esta altura teórica está confirmada por los ejemplos de tapiales bajomedievales que han sido estudiados; por ejemplo, los lienzos de la muralla de la Ronda del Marrubial, edificados en tapial, presentan cajones con una altura media establecida entre los 84-86 cm, la habitual en las fortificaciones y otras obras bajomedievales, según han establecido Juan Eslava y otros investigadores. La longitud dictada por las ordenanzas es también muy común —es normal la aparición de cajones con longitudes comprendidas entre los 2.20 y los 2.40 m—, si bien en el caso concreto de la Ronda del Marrubial esa longitud sea notablemente superior.

La documentación apenas nos aporta más información sobre las técnicas de edificación en tapial, salvo la indicación de que los albañiles deben saber «qué tongas entran en cada tapia y cuántas espuertas en cada tonga». En el caso de los tapiales usados en la Ronda del Marrubial, datados en la primera mitad del siglo XIV, cada cajón o tapia está constituido por doce tongas o lechadas superpuestas de tapial cuyo grosor medio es de 7 cm, presentando la inferior de todas ellas una mayor resistencia y un notable añadido de cal para formar la base del cajón y trabar con mayor resistencia con el cajón inmediatamente inferior. Cada tapia suele contar con seis orificios, denominados agujas o cárceles, separados a intervalos de 60-70 cm y que son el resultado de la descomposición del enlucido que llevaba originalmente la muralla; al desaparecer dicho enlucido han quedado al descubierto los huecos en los que se hallan embutidos los maderos utilizados para sujetar el ensamblaje de cajones, unos maderos que serían recortados una vez fraguado el cajón de tapial y quedarían ocultos bajo la argamasa que enlucía el muro. En estos huecos se conservan abundantes restos de madera pertenecientes mayoritariamente a tablas planas, de sección en torno a los 7 × 1.5 cm, y excepcionalmente algunos rollizos; quizá sea interesante señalar que las maderas de sección cruadrangular suelen ser usadas siempre en tapiales cristianos, mientras que en los de época islámica es más frecuente el uso de la sección circular. Además de los palos colocados en posición horizontal y empleados en el encofrado se conservan algunos otros dispuestos en diagonal, atravesando el cajón de tapial de arriba a abajo, que servirían para trabar los diferentes cajones entre sí. Probablemente haya que relacionar la función de las agujas, aparte de su lógica utilidad para la labor de encofrados, con el reforzamiento estructural de los paños.

La composición del tapial revela abundante presencia de argamasa de cal, arena y nódulos calizos gruesos, nódulos arcillosos y de piedra arenisca, cantos rodados, gravas y gravillas, así como elementos cerámicos fragmentados (tejas, ladrillos, cerámica). Para protegerlo de la acción erosiva del agua de lluvia, que es su único gran enemigo, se dispone en la parte baja del muro el zócalo de piedra, resultante de la coronación del cimiento, que antes comentamos y, en su parte superior, una cornisa de ladrillo asentado de plano que mira al exterior de la muralla y otra cornisa formada por el propio suelo de losas de arenisca del camino de ronda de la muralla, que sobresale unos 20 cm hacia el interior de los muros; ambos elementos, saliente de ladrillo a extramuros, saliente de piedra a intramuros, tienen como finalidad proteger la parte alta del muro de tapial de la climatología.

Prácticamente todos los muros de la época, ya fueran de piedra, ladrillo o tapial, solían ir enlucidos o pintados; el enlucido podía aplicarse directamente sobre el muro, es decir, sobre la piedra o tapial, o bien realizar previamente un enfoscado de la superficie mediante una capa de argamasa que diera mayor resistencia al elemento de cubierta. Aplicados directamente sobre los muros conocemos dos tipos de enlucido. En primer lugar, la técnica denominada llagueado, consistente en cubrir las juntas de los sillares de un muro de piedra mediante la aplicación de una capa de argamasa que deja a la vista la parte central de cada sillar ocultando sus juntas; es una técnica no documentada en época musulmana, muy empleada en cambio durante los siglos XIV y XV (la hemos documentado en el zócalo de las murallas del Marrubial o el interior de la iglesia de La Magdalena) y cuyo uso se prolonga en época moderna, hasta por lo menos el siglo XVIII. Los sillares aparecen así «contorneados» por una banda de argamasa, que va siguiendo el dibujo de las juntas, y que suele presentar unos 4-5 cm de anchura en todo el muro.

En segundo lugar, el enlucido realizado sobre los muros de tapial que, por su mismo carácter y textura, no necesitan un enfoscado previo. En muchas zonas de la muralla del Marrubial se conserva bastante bien un enlucido consistente en una fina capa de argamasa de cal de 4-5 mm. de grosor y con alto contenido en arcillas, de lo que resulta una mezcla muy depurada, cuya superficie presenta en la actualidad tonos ocres o castaños oscuros, posiblemente originados por una fuerte carbonatación. La realización de enlucidos en las obras de tapial era general pues mediante su aplicación se eliminaban irregularidades en la superficie y se cegaban los mechinales resultantes de la retirada de las agujas. Este enlucido conserva en algunas zonas, y en los límites extremos de cada cajón, unas marcas de perfil cóncavo y redondeado correspondientes a los nueve clavos que intervendrían en la sujección de los cajones de madera usados para verter el tapial en su interior; dichas marcas miden 5 cm de diámetro y presentan una separación en altura de 5 cm. Este tipo de improntas han sido documentadas

en algunas fortificaciones de Sevilla, en la cordobesa torre de El Carpio y en el interior de la iglesia del antiguo convento de Santa Clara, obras todas ellas datadas en el siglo XIV.

Sin embargo, por regla general, los muros recibían un recubrimiento previo antes de proceder a su enlucido o pintura e incluso una nivelación de su superficie. En el interior de la iglesia de Santa Clara y en otros edificios bajomedievales hemos documentado la realización de una cama de argamasa con inserción de numerosos fragmentos de tejas y ladrillo en la pared, como paso previo a su enlucido; esta nivelación es similar a la usada en los suelos que veremos más adelante y configura un elemento de cubierta del muro colocado entre su núcleo (de piedra o tapial) y la capa exterior de enlucido o pintura. Su empleo se documenta también en edificaciones islámicas desde el siglo XII, por ejemplo, en paredes que luego iban recubiertas mediante enyesado o pintura a la almagra.

Pero era más frecuente cubrir las paredes mediante un simple enfoscado de argamasa sin mezcla de mortero ni otros elementos. Los enfoscados empleados durante los siglos XIV y XV resultan muy característicos pues, al margen de mezclar los habituales componentes de arena y cal con mayor proporción del primero, incluían paja desmenuzada, material no documentado en los enfoscados de otros períodos históricos. Restos de enfoscados con presencia de paja se conservan en las paredes de la iglesia de Santa Clara y en las de algunas viviendas que fueron antiguos baños.

Bien fuera mediante el uso de nivelación o de un simple enfoscado, el objetivo era constituir una base sobre la que aplicar la cubierta definitiva. La cal no fue muy usada en la Córdoba bajomedieval, donde los muros solían ir pintados, bien mediante pigmentos de diversas coloraciones, bien mediante pintura rojiza a la almagra. En Santa Clara se conservan restos de pinturas mudéjares que forman motivos geométricos con una amplia gama de colores y que hacen las veces de zócalo en el interior de la iglesia; en otros lugares, perviven restos de pintura amarillenta o rojiza, que debió ser la más habitualmente empleada, dado que el uso de otros pigmentos implicaba la realización de pinturas al fresco o mediante técnicas más depuradas y costosas.

Una técnica ampliamente usada fue la pintura a la almagra, tanto para los muros de edificios como para el revestimiento de obras hidráulicas (aljibes, albercas, conducciones, baños) donde tenía como finalidad esencial era la de impermeabilizar el recipiente e impedir así el crecimiento de musgos y la formación de mohos. La presencia de esta pintura rojiza en las construcciones medievales fue interpretada hace tiempo por Basilio Pavón como indicio del origen musulmán de dicha obra, pero hoy resulta indudable que esta técnica siguió siendo utilizada en épocas posteriores y, aunque en en Córdoba se documente de manera amplia en la construcción islámica, hay que decir que durante los siglos XIV y XV fue igualmente usada.



Figura 8
Restos de enlucido con pintura a la almagra aplicada sobre argamasa de cal en la pared interna de una alberca en los arrabales occidentales de Córdoba (siglo XII)

Para la colocación de los suelos resultaba también imprescindible la nivelación de la base sobre la que asentar posteriormente el pavimento. Dicha nivelación se conseguía mediante la realización de lo que los contratos de obras del siglo XV denominan alcatifa, una gruesa capa de broza o relleno, integrada por argamasa de cal y arena, fragmentos de ladrillo rascado, teja cortada y otros elementos, que se empleaba para allanar la superficie y dar estabilidad a las losas, azulejos o yeso posteriormente aplicado. En la iglesia de Santa Clara excavamos un suelo de ladrillo asentado de plano bajo el que apareció su cama de argamasa y, a continuación, su alcatifa de nivelación integrada por fragmentos planos de tejas y ladrillos colocada directamente sobre el muro que dicho suelo cubría.

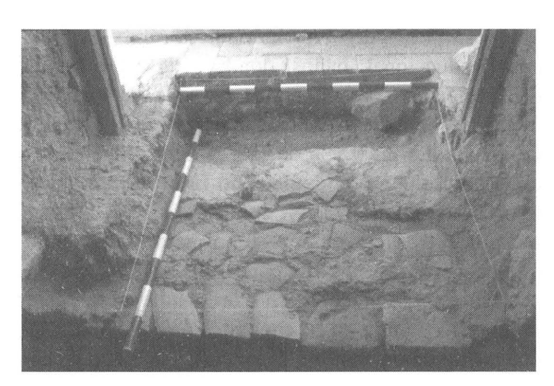


Figura 9
Alcatifa de argamasa con inclusión de fragmentos de teja efectuada sobre el muro Norte de la iglesia de Santa Clara para colocación de un suelo de ladrillo (reforma del siglo XVIII)

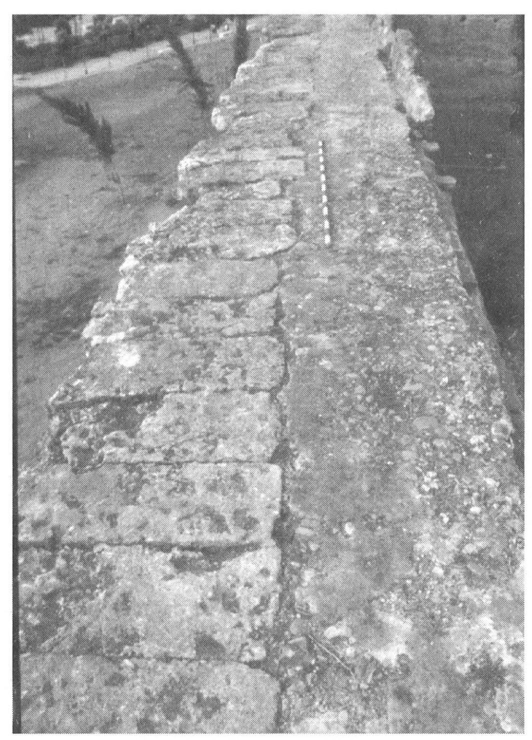


Figura 10
Pavimento de losas de arenisca que ocupa la mitad meridional del suelo del adarve en la muralla del Marrubial, mientras la mitad Norte se resuelve mediante una capa de mortero enlucido (siglo XIV)

Los elementos de pavimentación usados con mayor frecuencia en la Córdoba bajomedieval fueron el ladrillo asentado de plano, las baldosas cudrangulares de ese mismo material —a veces alternando con azulejos en juegos decorativos— y las losas de piedra arenisca. Un pavimento de losas de arenisca, cuyas dimensiones en superficie alcanzan los 95 × 33 cm se conserva en el camino de ronda de la muralla del Marrubial y representa un buen ejemplo del uso de este tipo de suelos en obras de carácter público.

La técnica tradicional del tapial

Albert Cuchí i Burgos

El tapial es una técnica tradicional de ejecución de fábricas caracterizada por conformar el material en el mismo lugar en el que estará en servicio. El material, generalmente tierra, se conforma por apisonado dentro de un molde que se apoya sobre el mismo muro que se está ejecutando que sirve, a su vez, como único soporte de las actividades de montaje del encofrado, moldeo, desencofrado y traslado del molde hacia la siguiente posición de servicio. Como cualquier otra técnica debe establecer un compromiso entre las necesidades de su ejecución y las exigencias a que deberá hacer frente el muro construido con ella. Así, como cualquier fábrica, deberá levantarse por hiladas horizontales, contrapear sus juntas, cuidar el aparejo en las esquinas, etc., pero tendrá, además, que ajustarse a unos requisitos de puesta en obra muy exigentes a causa de las limitaciones en la movilidad y seguridad de los operarios que la ejecutan debidas a la escasa superficie de soporte que ofrece el propio muro que se está construyendo.

Como técnica tradicional, depurada en el tiempo, cabe suponer que ese compromiso se habrá adquirido minimizando el número de operaciones, de gestos y de elementos precisos para ejecutar las fábricas, sin que por ello se haga menoscabo de las calidades del muro construido. Las dimensiones de los tapiales, sus proporciones, el número óptimo de aros o cárceles precisos para afirmarlos, la conformación de los tapiales, sus movimientos sobre el muro, los giros y encuentros y las propias trazas de los muros, son cuestiones todas ellas relacionadas con la racionalización del tapial tradicional y su influencia en la fábrica construida.

La presente ponencia analiza el tapial desde las limitaciones del proceso y de sus exigencias como fábrica para proponer una visión como técnica extremadamente depurada y muy estable respecto a ciertas características generales, comunes a la mayoría de tradiciones constructivas en tapial, y que pueden considerarse como definitorias de esta técnica.

La ponencia considera las tapias construidas autónomamente, sin ayuda de brencas o machos; para muros de gruesos de hasta 60 cm, sin abarcar tapias de obras de defensa o monumentales de gruesos muy superiores a los habituales; y de tapiales ejecutados con agujas metálicas, el más habitual como mínimo desde el s.XVIII. Las variantes excluidas en este párrafo suponen alteraciones sensibles de las limitaciones que operan en la técnica definida en la ponencia.

Las dimensiones de los tapiales

El elemento más pesado que interviene en el proceso de ejecución de las tapias son los tapiales. El control de su peso será decisivo por cuanto de su ligereza dependen los movimientos que debe efectuar a lo largo de la construcción del muro: desencofrado, avanzar en la hilada, girar en las esquinas, levantarse a la hi-

lada superior y los propios de entestadas con otros muros.

Controlar el peso de los tapiales quiere decir limitar sus dimensiones: altura, longitud y grueso. Un tapial ligero, y por tanto de pequeñas dimensiones, facilitará a los tapiadores los movimientos que deben efectuar con él pero, a su vez, implicará poca superficie de muro ejecutado en cada tapia y, por ende, poco rendimiento de las operaciones de desplazamiento y fijación de los tapiales. Será preciso por tanto que las dimensiones de los tapiales sean las máximas posibles, pero sin superar un peso mucho mayor de 25 Kg, considerando éste como el peso que permite manipular el tapial a un solo operario, sujetándolo con un solo brazo y ejecutando movimientos sencillos aplicados en el centro de gravedad del encofrado.

La altura de los tapiales tiene una limitación a su dimensión máxima: en el momento de verter y apisonar las tierras los tapiales definen físicamente el ámbito donde se producen los movimientos de los tapiadores. Para el compactado de las tierras con el pisón, el tapiador ejecuta un movimiento con sus brazos que requiere un espacio superior al grueso del muro. Sobre todo en las primeras tongadas, una altura de tapiales superior a los 75-85 cm. ocasionaría una intromisión de éstos en el ámbito preciso para los movimientos del tapiador en una operación tan delicada en la definición de la calidad del material final como es la compactación. No existiría, en principio, una limitación a la dimensión mínima de la altura de los tapiales.

La longitud de los tapiales es subsidiaria de una limitación semejante: el número de cárceles o aros que sujetan los tapiales en su posición. De cara al rendimiento del proceso, interesa que la longitud de los tapiales sea la máxima posible. Ahora bien, ese aumento de longitud implica o un aumento del número de aros o cárceles que sostienen los tapiales sobre el muro o un aumento en el grueso de los tapiales para resistir las tensiones ocasionadas por el vertido y compactación de las tierras. Lo uno atenta contra la minimización de elementos y operaciones del proceso y lo otro aumenta el peso de los tapiales. La longitud óptima de los tapiales será aquélla que permita un número mínimo de aros con una separación mínima entre ellos. La separación mínima entre aros tiene una limitación similar a la comentada para la altura de los tapiales respecto a los movimientos de los operarios: unos 75-85 cm., al que correspondería el grueso mínimo de tapiales. ¿Cuál es el número mínimo de aros o cárceles para sustentar los tapiales?

El modo tradicional de sujección de los tapiales en su posición de servicio, en el momento de verter y compactar las tierras, consiste en el apoyo sobre las agujas, que atraviesan el grueso del muro en las tapias de la hilada inferior, y el contrafuerte lateral aportado por los costales fijados, dos a dos, por el garrote de cuerda superior y el codal que, de tapial a tapial, impide su vuelco hacia el interior y marca el grueso del muro.

La utilización de agujas metálicas, corriente ya durante el s.XVIII, proporciona una pequeña ventaja respecto al uso de agujas de madera. Si para colocar la aguja de madera es preciso excavar una caja en la tapia inferior, la coincidencia de diámetro entre la aguja metálica y el codal que contrarresta la tensión del garrote entre costales permite aprovechar el agujero dejado por el codal para insertar la aguja que sostendrá los tapiales de la tapia correspondiente de la hilada superior sin otras operaciones complementarias. Naturalmente ello obliga a mantener el codal en su lugar hasta el final de la operación de llenado del encofrado, lo que ocasiona ciertas molestias al tapiador, que acostumbra a retirar el codal cuando el volumen de tierras vertido y apisonado es suficiente para contrarrestar la tensión del garrote.

En principio, la adquisición de esa pequeña ventaja puede resultar insignificante si valoramos tan solo el trabajo de abrir las cajas para asentar las agujas. Pero el resultado que este cambio ocasiona en la técnica es excepcional. Establece una relación entre las tapias de las diferentes hiladas que genera una trama ortogonal de ordenación que regula todo el aparejo de las tapias. La trama resultante permitirá el máximo aprovechamiento del encofrado regulando, además, la relación entre el tamaño de las tapias y la dimensión real del muro, así como mecanismos adicionales para asegurar la posición del encofrado en el muro, de forma que se establecen unas condiciones mínimas de horizontalidad de las hiladas y verticalidad y planeidad del muro.

En definitiva permite el desarrollo de toda una estructura de control de la fábrica, imbricada dentro de las operaciones propias de la ejecución de la tapia, sin necesidad de mantener permanentemente instrucciones adicionales que aseguren el cumplimiento de las exigencias de la fábrica.

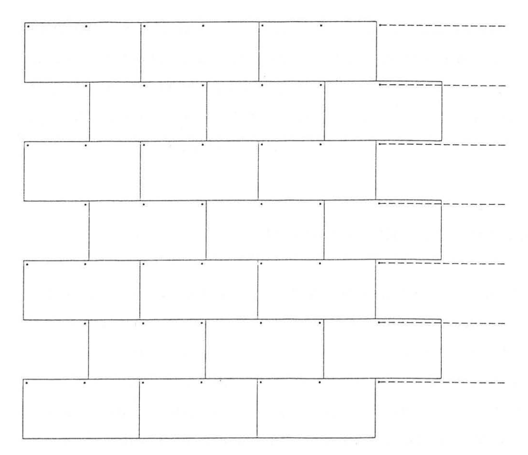


Figura 1
La trama formada por los agujeros de los codales genera una relación entre las tapias de diversas hiladas que ordena la ejecución de la fábrica

Esta trama definida por los agujeros de las agujas obliga a establecer, en primer lugar una relación entre tapias contíguas y los agujeros que ocupan. Con el mínimo de dos aros de sujección de los tapiales, y teniendo en cuenta que deben mantenerse contrapeadas las juntas entre hiladas consecutivas, las posibles soluciones que pueden encontrarse (dos agujeros por tapia o uno compartido con el precedente) producen ineficiencias o bien en el grueso de los tapiales o en la superficie efectiva de tapia respecto a la superficie del tapial. En ambos casos se ocasionaran, además, problemas en la resolución de giros de esquinas o el soporte de los tapiales al desplazar el encofrado, como luego veremos.

La utilización de tres aros de sujección de los tapiales, con la junta entre tapias coincidiendo con uno de ellos, resulta el más eficiente. El contrapeado de juntas se obtiene en hiladas contiguas desplazando un módulo de la trama (espacio entre agujeros) una hilada respecto a otra, los tapiales pueden afirmarse contra la tapia precedente gracias al aro común que comparten, la superficie efectiva de la tapia respecto a los tapiales es máxima y, como analizaremos más adelante, permite resolver giros y desplazamientos de forma óptima.

¿Qué longitud de tapiales resulta de esa disposición de tres aros? Si ajustamos la distancia entre aros a los 75-85 cm. comentados como distancia mínima, resultará una longitud efectiva de 150-170 cm. que, sumándole las longitudes precisas para solapes con las tapias precedentes, conduce a longitudes totales cercanas a los 2 metros.

Así, con una altura de 75-85 cm. y una longitud de unos 2 mts., el grosor que se deduce, para mantener el límite de 25 Kg. de peso es del orden de 2,5 cm. Mientras la altura y la longitud pueden ser comprobadas midiendo las dimensiones de las tapias en edificios existentes, el grueso sólo puede verificarse con la observación directa de los tapiales, cosa difícil en lugares donde la tradición de construir en tapial hace tiempo que haya desparecido. Rondelet da la cifra de 2,7 cm., Villanueva entre 2,5 y 3,3 cm., y otros autores actuales, como Fermí Font describiendo los tapiales tradicionales de la comarca de Els Ports en Castellón, dan un orden de magnitud similar.

Es preciso advertir que las limitaciones aportadas son aproximadas. No existen unas dimensiones fijas o estables. Pero sí puede comprobarse que ese entorno de dimensiones, así como los tres aros de sujección del encofrado, son constantes en la tradición constructiva del tapial de agujas metálicas y, como se ha tratado de demostrar, responden a una optimización del proceso, no dependiendo más que en menor grado de costumbres locales o de decisiones arbitrarias.

La conformación de los tapiales

El tapial se constituye por la superposición de diversas tablas, dispuestas en el sentido longitudinal. Esta disposición obliga a la existencia de unos montantes transversales que unan las tablas para mantener la unidad del elemento.

Rondelet y Villanueva, así como la mayoria de autores, coinciden en describir estos montantes y en situarlos en el exterior del tapial para evitar su intromisión en el interior del muro y evitar que deje su impronta en el grueso del muro. No obstante, esta disposición de los montantes no resulta tan evidente.

En el momento de verter la tierra dentro del encofrado, ésta dispone de un mínimo de humedad que permite su moldeo. Parte de este contenido de humedad debe ser expulsado por el apisonado para proceder al desencofrado inmediato una vez lleno el molde. El agua expulsada moja constantemente la madera de los tapiales por la cara que ofrece al interior, y ello ocasiona su deformación. Para paliar este

problema, el tapial tradicional dispone de un doble mecanismo.

En primer lugar, las tablas que lo conforman se encuentran separadas ente ellas por una distancia del orden de 3 mm que permiten tanto independizar la deformación de cada tabla como, y sobre todo, permitir la salida del agua expulsada por el apisonado, evitando así al máximo su absorción por la madera.

En segundo lugar, el tapial se conforma de manera que pueda disponerse indistintamente ofreciendo cualquiera de sus dos caras al interior del encofrado. Ello permite que, periódicamente, el tapial se voltee y se cambie la cara ofrecida a la tierra, consiguiéndose tanto un humectado similar en ambos lados de la madera como unos periodos de secado de cada superficie, reduciéndo de ese modo la deformación de los tapiales.

La colocación de los montantes en la cara exterior de los tapiales pierde así su sentido: no existe tal cara exterior pues ambas lo son a lo largo de la ejecución del muro. Los tapiales tradicionales disponen dos únicos montantes a ambos extremos del encofrado, uno en cada cara.

Esta disposición obliga a tener los montantes fuera de la superfície útil del tapial, la que realmente actúa de encofrado, para evitar que afecte la forma de la tapia. El montante posterior, el más próximo a la tapia precedente, debe quedar dispuesto en el exterior del encofrado. El montante anterior será el que quede en la cara interior del encofrado, pero debe quedar fuera de la superficie útil del tapial. Ello produce un aumento en la longitud total del tapial pero permite introducir un nuevo elemento del encofrado de gran importancia en la técnica: el cabecero.

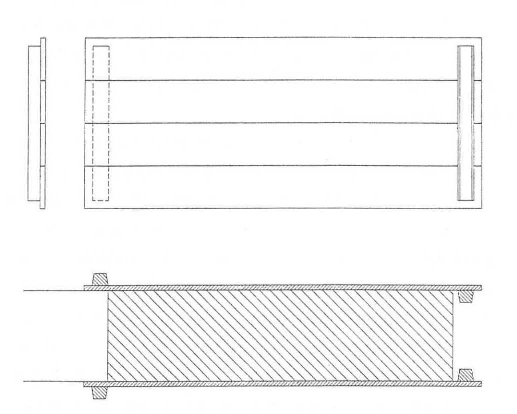


Figura 2
Alzados y planta de los tapiales mostrando la posición de los montantes que sujetan las tablas su relación entre la tapia que se conforma

El contról de la posición

De las seis caras que definen cada tapia, dos son delimitadas por superficies de tapias precedentes, dos lo son por los tapiales, la superior no precisa encofrado y la sexta, la testa anterior de la tapia, puede conformarse en talud, como hacen muchas tradiciones de tapial, o delimitarse por un último elemento de encofrado, el cabecero, que cierra el volumen a tapiar.

El cabecero, conformado por tablas verticales unidas por travesaños horizontales, se dispone entre los tapiales verticalmente, utilizando, como elementos que definen su posición, los montantes interiores de los tapiales, de forma que éstos quedan al exterior del encofrado y, a su vez, impiden que el cabecero sea expulsado hacia adelante al verter y compactar las tierras.

El cabecero, cuya anchura coincide exactamente con el grueso del muro que se ejecuta, permite obviar el codal del aro más avanzado puesto que compensa la tensión del garrote. Pero además cumple otras funciones más importantes. Los tapiales solapan un tanto con la tapia precedente pues, entre otras cosas, comparte un aro con ella. Este aro, con su presión sobre el encofrado, asegura la coplaneidad del solape y, por tanto, una primera guia para el mantenimiento de la planeidad y verticalidad del paramento ejecutado en la tapia que se va a ejecutar. El cabecero, ajustado a los tapiales por el aro más avanzado del encofrado, que en su forma reproduce la sección de la tapia es el otro elemento extremo que asegura el mantenimiento de esas condiciones de buena ejecución de la fábrica.

Efectivamente, aunque el uso de la plomada al disponer los tapiales siempre es beneficioso, de hecho el ajuste del cabecero con los tapiales, gracias también a los montantes anteriores de los encofrados, es el elemento decisivo en el ajuste de la verticalidad y coplaneidad de la nueva tapia, hasta el punto que la plomada es más un elemento de verificación que de guía, por cuanto si no se han ajustado bien los tapiales no queda más remedio que desliar los garrotes y repetir la operación.

La horizontalidad de las hiladas depende, con el uso de las agujas metálicas, de la adecuada disposición de los codales de la hilada inferior que serviran de contramolde para el paso de las agujas. En realidad de uno de los dos codales que se montan en cada tapia.

Al soportarse los tapiales sobre tres agujas puede producirse la situación que el central quede más elevado que los extremos ocasionando giros sobre este punto. Además, al contrapear las juntas, resulta que los tapiales de la hilada superior se apoyarán sobre los codales intermedios de las tapias. Así, el recurso es controlar adecuadamente la posición del codal central, mediante una galga respecto a la arista superior de los tapiales, por ejemplo, y mantener siempre en un nivel inferior el codal más próximo a la tapia anterior. Ello permite mantener, con esta simple operación de galgar el codal intermedio, una envidiable horizontalidad de la hilada sin que sea menester el auxilio de hilos o niveles.

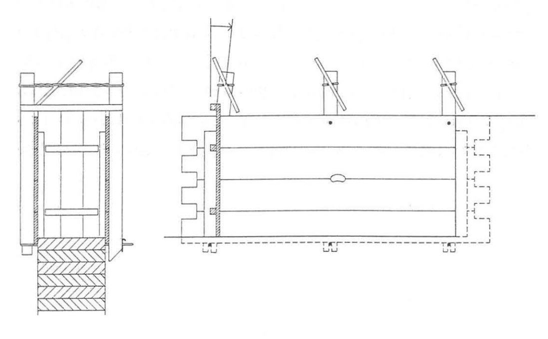


Figura 3
Sección longitudinal y transversal del encofrado montado y en posición de servicio

Los movimientos de los tapiales

La fábrica se levanta por hiladas. Es preciso concluir una hilada antes de empezar la superior. Los tapiales avanzan siempre en el mismo sentido dentro de una hilada, excepto algunos puntos muy concretos, por adición de sucesivas tapias. Así resulta que el movimiento básico del encofrado es la traslación horizontal en el sentido de avance de la hilada.

Para efectuar esta traslación una vez llena la tapia hay que desmontar los aros. Los tapiales, una vez libres pueden moverse para colocarse en su nueva posición. Dado que es el elemento más pesado, es preciso que su movimiento sea el más corto posible y con el mínimo número de movimientos. Lo más óptimo es que el tapial se mueva tan sólo de su posición de partida hasta la nueva sin estadios intermedios y con el mínimo trabajo posible.

La distancia más corta posible es la linea recta y el mínimo trabajo posible para desplazarlo de una posición a otra es seguir esa distancia más corta. Los tapiales se desplazan, pues, hacia su nueva posición trasladándose horizontalmente sobre las agujas, sin ningún otro movimiento complementario, sea de abatimiento, sea traslación vertical.

Las agujas, de sección circular, actúan como auténticos rodetes que ofrecen una mínima fricción en el apoyo de los tapiales permitiendo, además, que en ningún momento de la operación sea preciso, por parte de los tapiadores, soportar el peso de los encofrados. Para efectuar este movimiento es preciso, no obstante, liberar los tapiales de los aros y que existan apoyos para ellos tanto en la posición de salida como en la de llegada.

Para conseguirlo, el desmonte de los aros no es ni total ni arbitrario. Los tapiales se sustentan sobre las agujas pero deben su estabilidad a los aros que los fijan. Desmontar todos los aros implica tener momentos en los que debe evitarse el vuelco de los tapiales por otros medios, por ejemplo en el instante de trasladarlos. El aro común entre tapias contiguas no se desmonta, sólo se afloja el garrote y se mantiene en su posición tanto para evitar el vuelco de los tapiales como para indicar el fin de la traslación: sus costales actúan de topes contra los que quedaran frenados los montantes posteriores de los tapiales que, recordemos, quedan por el exterior del encofrado.

La aguja del aro más avanzado queda, pues, en su posición y sirve de apoyo avanzado de la posición inicial del tapial y de apoyo retrasado de la posición final. Para no tener que disponer de agujas suplementarias, una de las otras dos agujas que soportan el tapial debe colocarse en la nueva posición antes de efectuar el movimiento. Puede parecer que lo idóneo sea trasladar la aguja intermedia hacia el agujero más avanzado de la nueva posición, pero ello produciría, al efectuar el movimiento del tapial, que el encofrado se apoyaría sólo en la aguja del aro común, con un desfavorable brazo de palanca para el operario que, de pie sobre la hilada inferior, estira hacia si los ta-

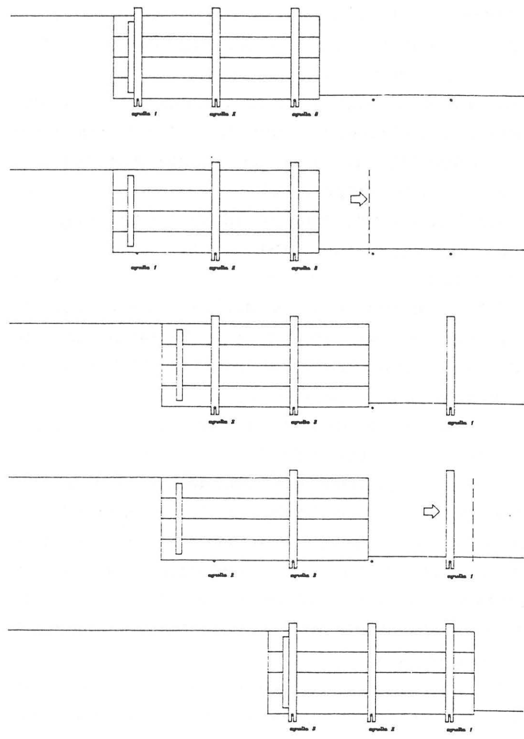


Figura 4
Secuencia de operaciones en la traslación del encofrado

piales. Para evitarlo, los tapiales se desplazan, una vez retirados los aros posteriores y aflojado el aro común, hasta que apoye únicamente sobre las dos agujas más avanzadas. Se traslada entonces la aguja más atrasada hacia la posición más avanzada de la nueva posición y se mueven los tapiales hacia ella.

Una vez colocados los tapiales, se monta el aro más avanzado con la ayuda del cabecero, se afirma de nuevo el aro común y se monta el aro intermedio.

El giro de la hilada en un ángulo del muro es uno de los momentos críticos por cuanto las condiciones de movilidad de los elementos se extreman y se marcan las condiciones esenciales para mantener las cualidades de la fábrica.

En primer lugar, cuando la hilada llega a una esquina y debe girar es preciso que la tapia que lo hace sea la que cabalgue en el muro que define el cambio de dirección. En caso contrario, serían precisos dos cabeceros para realizar la primera tapia después del giro y salvar un considerable desfase entre los dos tapiales del encofrado. Así, el paramento lateral de la última tapia previa al giro sirve de apoyo a la posterior.

Como las hiladas consecutivas se realizan en sentidos de desplazamiento opuestos, el giro de la manera explicada garantiza el solape de las tapias de las diferentes hiladas. Al cabalgar sobre el muro que define el cambio de dirección, la tapia de esquina tiene una longitud equivalente a la mitad de una tapia normal más el grueso del muro. La tapia de esquina de la hilada superior cabalgará sobre ella y permitirá a la siguiente tapia, de longitud normal, avanzar contrapeada con ella.

El soporte de los tapiales en la tapia de esquina presenta particularidades importantes. En primer lugar se soporta en dos aros, pues no dispone del aro más avanzado al no existir tapias debajo. Además, desde el último aro, y a una distancia igual al grueso del muro, el tapial de la cara exterior al giro vuela sin soporte alguno complementario. En cambio, el tapial de la cara interior se soporta sobre el grueso del muro inferior, en el cual debe ser formada una regata para ajustar la altura de ese tapial al nivel de apoyo de las dos agujas posteriores, recibiendo así un apoyo suplementario. El cabecero, que para ello dispone de una altura superior a la de los tapiales, cierra la testa de la tapia sin apoyo inferior quedando trabado por los montantes de los tapiales contra las tapias inferio-

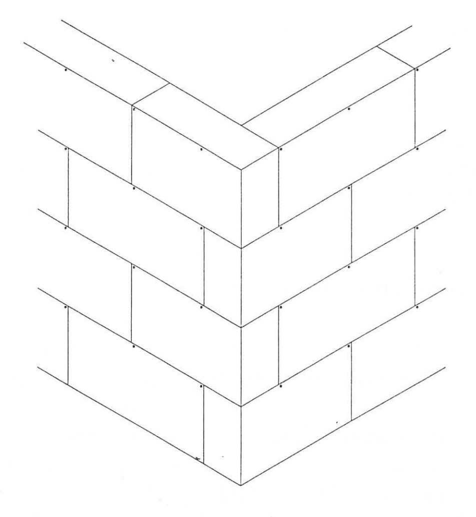


Figura 5
Aparejo de esquina de las diferentes hiladas que permite el mantenimiento del contrapeado de las tapias

res, y colgado de las orejas o asas que permiten su habitual desencofrado vertical. Una lía con la cuerda sobrante del garrote ahorrado permite asegurar el tapial exterior con el interior al giro y al cabecero.

El desencofrado de la tapia de esquina ocasiona el momento, junto con la última tapia de una hilada, en que el tapial debe liberarse y alzarse de su alineación para ser dispuesto sobre la directriz del muro después del giro. Para ello dispone generalmente de encajes que permiten introducir la mano para su elevación, frecuentemente un único agujero central que permite a un operario levantarla con una sola mano suspendiendo un sólo hombre todo el peso del tapial desde su centro de gravedad y haciendo evidente la necesidad de limitar su peso. Es también el momento de voltear los tapiales y permitir el secado de la cara humedecida dejándola a partir de ese momento en el exterior.

Conclusiones

Aunque el limitado espacio de la ponencia no permite extender la discusión aportada a muchos otros detalles y sutilidades de la técnica tradicional del tapial, se ofrecen como conclusiones de lo analizado las siguientes afirmaciones:

En primer lugar, la estrecha relación que guardan el número y las dimensiones de los elementos que intervienen, proporción nacida de la optimización de la técnica, tanto considerada como proceso constructivo, como considerada en relación a las exigencias de la fabrica que está construyendo.

En segundo lugar, remarcar la incidencia fundamental que tiene, en la definición de esas proporciones entre los elementos, la necesidad de mover el encofrado, el desplazamiento de los instrumentos a que obliga el hecho, característico del tapial, de conformar el material en el mismo lugar en que estará en servicio.

Por último es una técnica compleja, depurada. La limitación de elementos y operaciones no nace de una sencillez original de la técnica: construir en tapial no es evidente ni banal como frecuentemente algunas reinvenciones actuales proponen en ocasiones, que reclaman el nombre de tapiales porque apisonan tierra dentro de un molde.

Puentes romanos peninsulares: tipología y construcción

Manuel Durán Fuentes

Quizá sea un tema muy amplio que rebasa, con creces, el tiempo y el espacio que se concede a una ponencia en este Primer Congreso de la Historia de la Construcción, pero creo que es el marco más adecuado para plantearlo ya que, desde mi punto de vista, necesita un debate en profundidad. Ya durante la celebración del Primer Seminario Internacional Puente de Alcántara a finales de 1986, el profesor Manuel Martín Bueno manifestaba que el estudio de los puentes no «ha ido mucho más lejos de una simple reflexión superficial y casi epidérmica». Creo que todos los interesados en los puentes antiguos estamos más o menos de acuerdo con esta afirmación, exceptuando la gran labor pionera de D. Carlos Fernández Casado, verdadero maestro que supo despertar el interés por la Historia de la Ingeniería Civil en muchos de los que fuimos sus alumnos. Es indudable que se ha avanzado pero también que resta bastante por hacer. En el futuro será importante que los diversos profesionales interesados, como son los arqueólogos, los ingenieros de caminos, los arquitectos y los historiadores, colaboren entre sí en el estudio de los puentes antiguos, compartiendo sus diferentes conocimientos y puntos de vista para, de esta forma, superar las limitaciones que inevitablemente aparecen si se aborda de forma individual.

En los últimos años se han publicado meritorios trabajos de catalogación (Puentes de León, Catálogo e Inventario de puentes históricos de Galicia, del Convento Jurídico Caesaraugustano, Els Ponts valencians antics, etc.), estudios monográficos de algunos puentes (Alcántara , Mérida) y obras de carácter antológico (como el libro *Puentes de España*, publicado por la empresa FCC), etc., que han iniciado una etapa de mayor profundidad en el estudio y conocimiento de estas obras, pero que, todavía en algún caso, contienen inexactitudes, por ejemplo en atribuir con relativa frecuciencia un origen romano a puentes cuyo único mérito es poseer arcos de piedra y haber resistido en pie muchos años. No cabe la menor duda que fijar la época de construcción de un puente antiguo reviste siempre una gran dificultad, ya que casi nunca se dispone de documentación —sobre todo de los más antiguos—, ni se han realizado en ellos o en su entorno estudios o campañas arqueológicas, y ni tan siquiera el estudio exclusivamente tipológico proporciona ayuda o da algún resultado, por el hecho de haberse empleado las mismas formas y técnicas constructivas a lo largo de los siglos.

Pero aunque esto es así, creemos que el estudio tipológico y geométrico de los puentes romanos —exclusivamente los ejemplares de indudable ejecución en aquella época— nos puede ser útil ya que permitirá extraer conclusiones que facilitarán la respuesta a algunas de las interrogaciones planteadas, y nos dará los suficientes elementos de juicio para dudar de ciertas interpretaciones y conclusiones realizadas muchas veces con ligereza o precipitación. Nos permitirá analizar la fábrica desde unas premisas iniciales de tipo general —amplia calzada. almohadillado, rasante horizontal o ligera pendiente, etc.— que son comunes a muchos de los puentes romanos peninsulares, y apreciar como en numerosos casos estudiados, no están presentes. Un

CUADRO RESUMEN DE PUENTES ROMANOS PENINSULARES

PUENTE	RIO	BOVEDAS				PILAS			RELACIONES		RASANTE	TIPO DE FABRICA	ANCHO DE BOVEDAS(m.)	OBSERVACIONES
		Nº	TIPO	LUCES(m.) (M.IZQ.–M.DCH.)	ESPESOR (m.)	Nº	ANCHURA (m.) (M.IZQ.–M.DCH.)	PLANTA DEL TAJAMAR	ESPESOR PILA / LUZ DEL ARCO	ESPESOR BOQUILLA / LUZ DEL ARCO				
PONTE DE CHAVES	Támega	16	Medio punto	6.25	0,80–0,90	15	1.90	Triangulares (modernos)	0,30	0,14	Horizontal	Almohadillada	6,10	Ei puente tenia un mayor no de bovedas
PONTON S. LORENZO	Arroyo local	1	Medio punto	4,60	0,70	–	–	–	–	0,15	¿Horizontal?	Almohadillada	4,60	Se trata de un ponton pequeño
PONTE DE PEDRA	Tuela	6	Medio punto	8,50–9,10–9,45–8,90–9,00–8,65	0,70	5	2,50–2,50–2,55 2,85–2,35	Triangulares (modernos)	0,27	Entre 0,07 y 0,09	Ligera pendiente	Almohadillada	6,10	–
PONTE DE LIMA	Limia	5	Medio punto	11,54–9,85–7,92–6,77–7,53	0.65 (medio)	4	2,06–1,80–2,62–2,54	–	Entre 0,18 y 0,39	Entre 0,06 y 0,10	¿Horizontal?	Almohadillada	7,10	Se relaciona solo el tramo romano, hoy fuera del cauce
P. DE VILA FORMOSA	Seda	6	Medio punto perfecto	8,88–8,82–8,83–8,97–8,87–8,73	1,05	5	3,02–3,09–2,93 2,92–3,04	Triangulares (modernos)	0,34	0,12	Horizontal	Almohadillada	6,80	–
PUENTE DE SALAMANCA	Tormes	15	Medio punto	Entre 9,80 y 9,50	1,00	14	Entre 2.70 y 3,30	Triangulares	Entre 0,27 y 0,34	0,10	Horizontal	Almohadillada	6,70	Solo se dan datos del tramo romano
PUENTE DE CAPARRA	Ambroz	4	Medio punto	2,40–8,87–8,68–5,47	0,60(claves) y 1,05 (riñones–arranques)	2	3,80–6,20(moderna)	Triangulares	0,43	0,14 (clave) 0,12 (riñones–arranques)	Horizontal	Almohadillada	5,00(boveda antigua)	Este puente ha sido muy alterado
PUENTE DE MERIDA	Guadiana	10+26 +20	Medio punto	Entre 6,60 y 10,05 (primer tramo)	0,80–0,90	9 1º tramo	Entre 4,70–6,30 (1º tramo)	Semicirculares	Entre 0,50 y 0,70	Entre 0,08 y 0,12	Horizontal	Almohadillada	6,10	–
PUENTE DE ALCONETAR	Tajo	en ruinas	Rebajados	10,20–8,50–8,10–7,30–7,40–6,95	1,30–1,20	4 parcial	8,15–4,55–4,45–4,25	Triangulares	Entre 0,45 y 0,55	Entre 0,13 y 0,17	¿Horizontal?	Almohadillada	6,55–6,80	Se han medido los restos que se conservan exclusivamente
PUENTE DE ALCANTARA	Tajo	6	Medio punto	13,80–22,53–27,40–28,80–23,50–13,80	1,70	5	6,08–6,70–8,20 8,00–6,80	Triangulares	Pilas extremas 0,28–0,46 Pilas centrales 0,24–0,30	Entre 0,06 y 0,12	Ligera doble pendiente	Almohadillada	7,80	–
PUENTE DE SEGURA	Eljas	5	1/2 punto y 1/2 punto peraltados	9,30–8,40–10,50–7,80–7,50	1.00	4	2,85–2,85–3,00–2,95	Triangulares	Entre 0,27 y 0,39	Entre 0,11y 0,13	¿Horizontal?	Almohadillada	6,70	–
PUENTE DE ALBARREGAS	Albarregas	4	Medio punto	5,33–5,29–5,26–5,34	0,65	3	2,91–3,30–3,32	–	Entre 0,55 y 0,60	0,12	Horizontal	Almohadillada	7,00	–
PUENTE DE ALCANTARILLA	Salado de Moron	2	Medio punto	8,95–8,95	0,85	1	4,70	(?)	0,53	0,09	Horizontal	Almohadillada	6,00–6,15	En un estado de total abandono
P. DE LOS PEDROCHES	Los Pedroches	3	Medio punto	1,93–4,55–1,95	0,80 arco central	2	2,65–2,45	(?)	Entre 0,54 y 0,58	0,18	?	Almohadillada	4,87	En un estado de coservación muy malo
P. DE VILLA DEL RIO	Salado de Porcuna	4	Medio punto	2,88–3,59–9,04–2,92	0,70–0,86	3	1,51–3,08–2,97	(?)	0,34 (con el arco mayor)	En el arco mayor: 0,08 clave 0,10 (riñones y arranques)	¿ en doble pendiente?	Almohadillada	5,20	–
PONTE FREIXO	Arnoia	4	Medio punto	4,73–7,78–7,70–4,74	0,70	3	2,83–3,62–2,80	Triangulares	Entre 0,36 y 0,59	Entre 0,09 y 0,15	Horizontal	Almohadillada	4,60	–
PONTE BIBEI	Bibei	3	Medio punto	6,09–18,51–8,77	0,90	2	4,40–4,23	Triangulares	Entre 0,23 y 0,72	Entre 0,05 y 0,15	Horizontal	Almohadillada	6,30	–
P. DE LUGO reconstruc. ideal	Miño	8	Medio punto	Seis arcos de 10,40 , 6,70 y 5,50	(?)	7	4,60	Triangulares	Entre 0,44 y 0,84	–	Horizontal	Almohadillada	5,00	Estos datos estan sacados de una reconstrucción ideal de puente romano
PONTE PEDRIÑA	Limia	2	Rebajados	14,70–3,12	1,00	–	–	–	–	0,07	Horizontal	¿Almohadillada?	5,74	Puente actualmente sumergido en el embalse de las Conchas

Figura 1

ejemplo de esto que decimos se puede aplicar al Puente de Luco sobre el río Jiloca, en la provincia de Teruel, el cual es citado como romano en numerosas publicaciones, quizá por la existencia de arquillos o desaguaderos en las pilas —presentes no solo en puentes romanos sino también en medievales— o quizá porque alguien, en algún momento, así lo catalogó. Desde mi punto de vista no es romano ya que su pronunciada rasante de la calzada en doble pendiente, el tipo de fábrica y la estrechez de la calzada —3,50 m— no están presentes en ninguno de los puentes romanos peninsulares. Pero lo que verdaderamente permite desechar tal origen constructivo es la presencia en algunas dovelas de la bóveda mayor de marcas medievales de cantero. Otro tanto sucede con el Puente de Colloto en las afueras de Oviedo, o con el puente de Cangas de Onís.

Pero es evidente que esas conclusiones o reglas de tipo general no es algo definitivo o concluyente que resuelva todos los interrogantes de un puente antiguo, sobre todo cuando intentamos fechar su construcción. Seguirá siendo difícil determinarla, como también lo será conocer los procedimientos constructivos, los criterios de diseño, los verdaderos «saberes» técnicos de su constructor o constructores, etc. Pero es innegable que habremos avanzado en el conocimiento de este tipo de obras y que posiblemente servirán en el futuro a los profesionales o estudiosos que intenten, con mayores conocimientos, resolver esas cuestiones. No son concluyentes ya que factores de tipo local o regional, como el tipo de piedra existente en la zona —granito o caliza— que facilita o dificulta un tipo de labra, la insularidad del territorio, maestros o técnicas constructivas locales, medios económicos disponibles, etc., pueden provocar que las fábricas construidas no reúnan alguna de las características presentes habitualmente en los puentes romanos. Esto se nos ha planteado en alguno recientemente visitado, como han sido el Romano de Pollença en Mallorca o los restos del antiguo puente Ponsul en Portugal. Uno y otro presentan ciertas características presentes en alguno romano —como en el de Pollença que conserva un arquillo en la pila y el arco más antiguo tiene una

perfecta directriz circular, y en el de Ponsul se ha empleado una sillería almohadillada, cuya antigüedad viene avalada por el desgaste que presenta por la erosión del río—; pero la existencia de otros detalles indican que fueron construidos en épocas posteriores, como la estrechez de las bóvedas en el primero o la forma almendrada del tajamar y del espolón en el de Ponsul, que no aparece en ningún puente romano peninsular y sí, en cambio, en obras del siglo XIII-XIV y más frecuentemente a partir del siglo XVII.

En esta ponencia expondré los resultados y conclusiones que hemos obtenido, desde el punto de vista formal, material y constructivo, del estudio de diecisiete puentes romanos peninsulares. Se han confeccionado de cada puente un plano a escala de la planta y del alzado (excepto del Puente Romano de Mérida y el de Alcántara que ya existen y de una gran calidad), con base en las mediciones realizadas «in situ», con aparatos de topografía (estación total) y otros medios materiales, y que hemos procurado realizar con la mayor precisión, dentro de las posibilidades que ofrecen estas obras de ingeniería. Tratamos de proporcionar datos fiables de su realidad geométrica, evitando lo que, desafortunadamente, hemos hallado en alguna publicación, con inexactitudes en cuestiones tan importantes como el número de arcos, o errores de hasta varios metros en alguna de las dimensiones básicas, como la luz o el ancho de los arcos. La exactitud de las medidas nos facilita el estudio de las proporciones, de las modulaciones, de la frecuencia de unas determinadas medidas (6,25 m, 4,60 m, 5,00 m, etc.) presentes en numerosos puentes y de otros aspectos geométricos, que nos pueden indicar la existencia de unos modelos, a modo de colección oficial, la utilización de unas determinadas unidades de medida (¿pies, palmos?), los criterios de diseño, al rastrearse posibles simetrías o especiales disposiciones constructivas, etc.

Los diecisiete puentes fueron elegidos tomando como base la aceptación general como genuinas obras romanas que conservan la mayor parte de su obra original, aunque nosotros tenemos dudas de que esto sea así, en dos de ellos. Son los siguientes:

– De Portugal los puentes romanos de Chaves, San Lorenzo, Ponte de Pedra, Ponte Lima y Ponte de Vila Formosa en Alter do Chao.

– De España los puentes de Bibei y Freixo situados en Ourense, Salamanca, Caparra, en Caceres, así como el de Alconetar, Segura y Alcántara, Mérida y Albarregas en la provincia de Badajoz y Alcantarilla en Sevilla.

– Los dos puentes admitidos generalmente como romanos y que nosotros hemos separado por no tener la completa seguridad de la romanidad de su fábrica actual, son los cordobeses de Villa del Río y de Los Pedroches.

Finalmente se han complementado esta información con otra, en algún caso parcial, de un grupo de puentes de Galicia, que conservan parte de su antigua fábrica romana, como los orensanos Ponte Pedriña y Ponte Navea, el Ponte Romano de Lugo, el Ponte Maior de Ourense y el Puente del Diablo en Martorell (Barcelona).

Con objeto de ser lo más conciso posible, de cada uno de los puentes citados se ha realizado una breve descripción tipológica, dimensiones más importantes, materiales de construcción, tipo de cimentación, si se conoce, y sus relaciones formales básicas (relación ancho de pila/luces de los arcos contiguos y espesor de la boquilla/luz del arco), haciendo hincapié en aspectos singulares o dudosos, ya sean constructivos, formales, o de cualquier otro tipo, y en sus posibles interpretaciones.

Puente romano de Chaves

Comenzamos por puentes romanos elegidos en Portugal, cuatro de ellos situados en la antigua provincia de *Gallaecia* (excepto el puente de Vila Formosa). Comenzamos por el Puente Romano de E Chaves (antigua *Aquae Flaviae*). Fue construido para facilitar el cruce del río Támega a las vías que desde *Bracara* se dirigían a *Lucus Augusti* y a *Asturica Augusta* (esta última es la vía XVII, según la nomenclatura de Eduardo Saavedra, mencionada en el Itinerario de

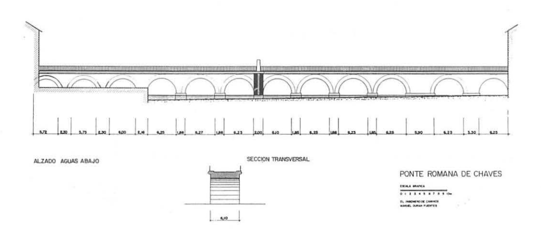


Figura 2

Antonino). En su centro y sobre dos pilastras modernas adosadas al puente en 1880, se hallan los conocidos «Padroes dos Povos», columnas honoríficas, aparecidos en el siglo XVIII cerca del puente, y con unos textos, en parte borrados, cuyo significado todavía no han sido desvelados de forma definitiva.

Es un puente largo de 140 m de longitud, de rasante horizontal, con un gran número de bóvedas de las cuales solo se pueden ver actualmente dieciséis, todas de medio punto. De las siete situadas en la orilla derecha, las cuatro primeras se hallan tapiadas y muy enterradas, observándose solo sus boquillas del lado aguas arriba; los tres restantes tienen sus arranques ocultos por un malecón, hecho que dificulta la medición de sus luces. Los tres arcos más próximos a la orilla izquierda parecen haber sido reconstruidos en fechas relativamente recientes.

Las luces de los arcos son todas muy similares en torno a los 6,25 metros y el ancho de los mismos alcanza la cifra de 6,10 metros. Tienen un espesor de boquillas de 0,80-0,90 m, grande con respecto a las luces relativamente modestas de los arcos. La relación entre ambas medidas es 0,14. Las pilas, de corta altura, poseen tajamares triangulares no originales, desconociéndose si los tuvieron en época romana. Mi opinión es de que posiblemente fue construido sin ellos, como el Puente de Albarregas. El espesor o anchura (en sentido longitudinal) es de 1,90 m. que, aproximadamente, da una relación con respecto a la luz de las bóvedas de 0,30.

La fábrica está compuesta por sillería de granito almohadillada.

Pontón de San Lorenzo

El Pontón de San Lorenzo se encuentra a unos cuatro kilómetros de Chaves y en la antigua vía que se dirigía a *Asturica Augusta*. Se trata de un pequeño puente de 4,60 m. de luz, construido también con dovelas de gran tamaño (0,70-0,75 m.), desproporcionadas si las comparamos con su luz, como se puede apreciar por el valor que alcanza la relación anchura de la boquilla con la luz luz del arco, de 0,16. Carece de pretiles y la calzada enlosada actual presenta un ligero «lomo de asno». El ancho es de 4,60 m., que coincide con la medida de la luz. Las dovelas presentan en las boquillas el almohadillado romano característico.

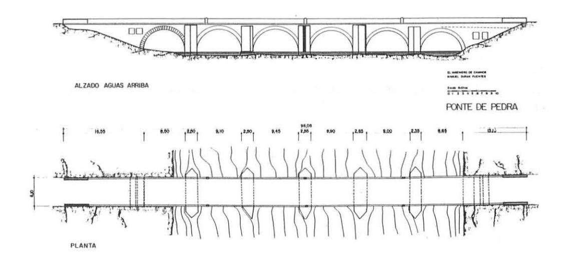


Figura 3

Ponte de Pedra

El Ponte de Pedra es quizá el puente romano de Portugal menos conocido a pesar de haber dado paso sobre el río Tuela a la mencionada vía XVII. Quizá sea porque esta vía no está muy estudiada en tierras portuguesas, pues todavía se desconoce su traza aproximada ni han sido localizadas los emplazamientos de las mansiones citadas en el Itinerario, dudándose incluso de la identificación de la mansión *ad Aquas* con la actual ciudad de Chaves.

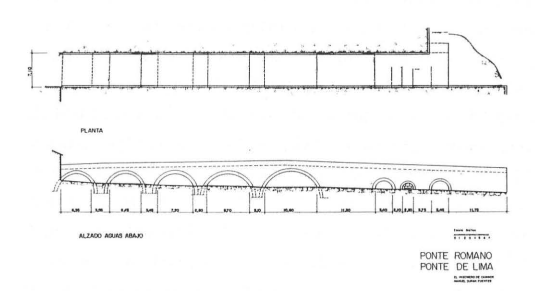


Figura 4

Es un puente simétrico con respecto a su pila central, igual que Ponte Freixo, de seis arcos de medio punto, poco deformados y luces modestas, que oscilan entre 8,50 y 9,45 m. Las boquillas tienen un espesor de 0,70 m, con una relación (la menor de todas ellas) de 0,07 con la luz del arco. Su ancho es de 6,10 m.

Las pilas poseen tajamares y espolones de planta pentagonal, cuya fábrica no es original, posiblemente fruto de alguna refección efectuada en época incierta. Sus espesores están comprendidos entre 2,85 y 2,35 m, que dan unas relaciones con las luces de los arcos contiguos de 0,27.

La fábrica del puente es de sillería almohadillada excepto la de los tajamares y espolones.

La rasante original del puente, que parece reflejarse en los tímpanos del puente tenía una ligera pendiente ascendente de la margen derecha a la izquierda. La actual corresponde al acondicionamiento realizado, a finales del XIX, para adoptar el puente al tráfico de vehículos a motor.

Ponte de Lima

El Ponte de Lima es un gran puente que tiene en la actualidad dos tramos claramente diferenciados : un primer tramo construido en el Medievo, que salva el cauce actual del río Limia o Lima, de gran longitud, con bóvedas ligeramente apuntadas y con abundantes marcas de cantero en su toda su fábrica, las pilas con desaguadero y con tajamares triangulares a ambos lados, antiguamente defendidas sus entradas por sendas torres de las únicamente se conserva la parte inferior de una de ellas en las proximidades de la ermita de Santo Antonio da Torre Velha. El segundo tramo, actualmente fuera del cauce y muy aterrado (el terreno circundante está 4,00 m por encima del nivel de las aguas bajas del río), es el que nos interesa. En su fábrica se detecta la huella de recientes actuaciones (1960) que consistieron en el traslado de los tímpanos hasta el borde de las bóvedas romanas (quizá estrechada la calzada original romana en época medieval), la reposición de algunas dovelas muy deterioradas y en la construcción de una nueva calzada adaptada al tráfico rodado. De estas obras dio noticias A. de Sousa Machado en el artículo «A ponte romana de Ponte de Lima» (Studium Generale, Porto 1962).

El hecho de que se halle muy aterrado impide ver completamente los arcos y medir exactamente sus luces. La medición realizada en la parte visible nos permite conocer su directriz circular, pero no aclara si se trata de bóvedas de medio punto o rebajadas. Si fuesen de medio punto, el espesor de la pila sería pequeño, entre 2,06 y 1,80 m, y las luces oscilarían entre 7,92 y 11,54 m. Estas medidas nos darían unas relaciones del espesor de las pilas con las luces de los arcos contiguos extraordinariamente pequeñas, del orden de 0,18 en el caso más extremo (recordar que el Puente de Alcántara tiene una esbeltez de 0,25 y el Ponte Bibei de 0,23). Considerando la otra posibilidad de que sean arcos rebajados, las luces oscilarían entre 7,76 y 11,12 m y los espesores de las pilas entre 2,10 y 2,55 m, que nos daría una relación de 0,23. Con objeto de eliminar esta incertidumbre, con la autorización y los medios auxiliares de la Cámara Municipal de Ponte de Lima, procedimos a realizar una calicatas en el entorno de las pilas, pero el descubrimiento de unos zunchos perimetrales de hormigón ejecutados durante las obras de 1960, nos han impedido desvelar completamente la incógnita, pero nos aportó los datos suficientes para permitirnos dar nuestra opinión de que, muy probablemente, los arcos son semicirculares. De las mediciones de las luces efectuadas en tres de los arcos excavados se han obtenido, para la hipótesis de medio punto, los valores de 7,92 m, 9,85 m y 11,54 m. Son casi idénticos a los que publicó F. Alves Pereira en 1912 de 7,90, 9,75 y 11,60 m con el puente menos aterrado. Finalmente indicar que las boquillas, con dovelaje almohadillado, tienen un espesor medio de 0,65 m, que nos daría una relación con el arco mayor de 0,06.

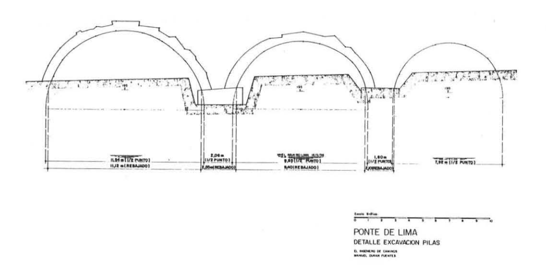


Figura 5

En este puente hay una curiosidad constructiva que nos la ha dado a conocer el mencionado Sousa Machado con ocasión de las obras de 1960. Una vez excavado el relleno del interior entre tímpanos se pudieron observar unas paredes gruesas construidas entre cada dos arcos, que lo dividían en varios compartimentos que estaban rellenos de piedras y escombros. Estas paredes no tenían la misma alineación entre todos los arcos, e incluso en una de las pilas no existían, ya que todo el interior está macizado de piedra de tamaño medio. Una posible explicación a estos muros es la de reforzar las bóvedas entre sí.

Ponte de Vila Formosa

Y para finalizar con los puentes romanos portugueses vamos a dar unas breves notas del Ponte de Vila Formosa sobre el río Seda, en las proximidades de

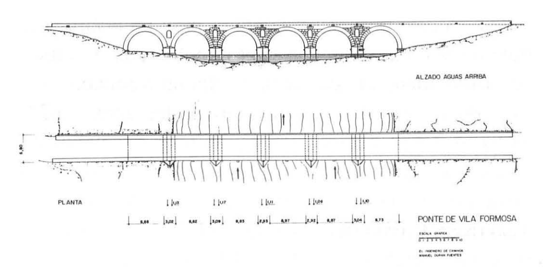


Figura 6

la villa de Alter do Chao, y que se hallaba en la traza de la antigua vía romana de *Emerita Augusta* a *Olisipo* (Lisboa). Este puente, perfectamente conservado, tiene seis bóvedas de perfecta directriz circular, con sus centros a una misma cota —que llamó poderosamente nuestra atención cuando reproducimos en el papel las mediciones topográficas efectuadas, pues indicaba un meritorio y preciso trabajo de los ingenieros romanos en su construcción— con luces bastante uniformes que oscilan entre 8,73 y 8,97 m. Los anchos varían ligeramente de unas a otras entre 6,60 y 6,80 m. Al nivel de los arranques posee una cornisa, muy similar al Puente Segura y Puente de Salamanca, con moldura de talón o cima reversa, que se extendía posiblemente por los paramentos de los tajamares originales. Los actuales, de planta triangular rematados en sombreretes piramidales de pequeña altura, son fruto de refecciones realizadas en épocas posteriores que nos son desconocidas.

El espesor de las boquillas de las bóvedas es 1,05 m., que en relación con las modestas luces del puente nos da una relación de 0,12 que nos indica una disposición constructiva bastante maciza.

Las pilas tienen unos anchos muy uniformes que varían entre 2,92 y 3,09 m (la relación con las luces de los arcos es de 0,34 aproximadamente). En los tímpanos encima de los tajamares y a 3,08 m por encima de los arranque de las bóvedas, hay unos arquillos de desagüe de 1,12 m de luz y 1,90-2,00 m de altura, rematados con unos pequeños arcos de medio puntos formados por tres dovelas en cuatro de ellos y por siete en el quinto.

Toda la fábrica está realizada con sillería almohadillada, de piezas bastante uniformes de 1,02x0,55x0,45 m, similares a las existentes en otros puentes romanos estudiados (Lugo Los Pedroches, etc.), y que podrían corresponder a unos módulos o medidas determinadas. Se observan las clásicas disposiciones, en hiladas alternativas, de sillares a soga y a tizón.

La rasante actual de la calzada no corresponde con la original, también horizontal, que posiblemente estaba al nivel de la cornisa existente a ambos lados del puente, tangente a los arcos en sus claves, y con la misma moldura que la existente en las bóvedas. La calzada actual, que da servicio a una carretera local, tiene un ancho de 4,40-4,70 m, con pretiles de pequeña altura y de gran anchura (1,00-1,10 m).

Del conjunto seleccionado de los puentes romanos españoles nos hemos limitado, por brevedad, a aquellos ejemplares menos conocidos y con menor número de referencias en las obras generales o monográficas publicadas. Los datos utilizados en este trabajo correspondientes a los puentes de Mérida, Alcántara, Bibei y Freixo, los hemos extraído de las publicaciones que se detallan en el apartado final de bibliografía.

Puente Romano de Salamanca

Comenzamos por el Puente Romano de Salamanca, que medimos para confirmar los valores que proporciona Carlos Fernández Casado en su conocido libro sobre puentes romanos, en el cual reproduce un plano realizado por la Jefatura de Obras Públicas de Salamanca. Los resultados obtenidos en ambas mediciones coinciden aceptablemente, aunque existen pequeñas diferencias no significativas. Al igual que Ponte Lima, también está compuesto por dos tramos diferentes en su cronología constructiva : el romano y el del siglo XVII, separados por una amplia pila central, donde antiguamente se asentaba una torre defensiva. El tramo romano, el que nos interesa, consta de 15 bóvedas de sillería almohadillada, con

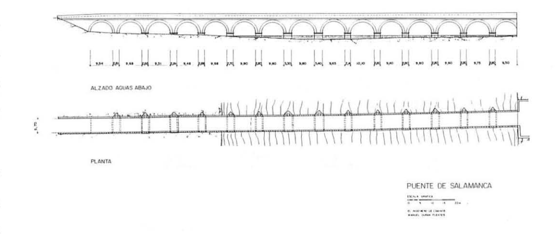


Figura 7

la directriz semicircular muy perfecta, y luces que oscilan la mayoría entre 9,50 y 9,80 m. Su longitud es de 192,50 m. El tramo moderno tiene 11 bóvedas y 150,50 m de longitud.

Las pilas tienen un espesor muy uniforme, alrededor de 2,70 m, y solo dos, en el centro del tramo, tienen un espesor mayor que alcanzan los 3,30-3,40 m. Esta disposición simétrica ha motivado que realizásemos un pequeño cálculo, con objeto de hacernos una idea de su capacidad de desagüe para las avenidas del río Tormes. Hemos considerado esta condición del puente como elemento suficientemente clarificador de la duda que podríamos plantearnos sobre la longitud original del puente romano. El nivel de la riada máxima marcado en el citado plano de la Jefatura de O. P., ya nos permitía obtener la conclusión de la necesidad, para su paso, de un puente con un número de arcos similar al actual —veintiséis— pues uno más corto no tendría suficiente capacidad y se vería rebasado, con los consiguientes problemas, en más de una ocasión. No obstante decidimos hacer nuestro propios números, para lo cual hemos obtenido los valores de la cuenca del río Tormes a su paso por Salamanca, así como las series históricas de sus avenidas máximas. De acuerdo con ellos y aplicando fórmulas de común aceptación obtuvimos los siguientes resultados :

Sección de desagüe (tramo romano)	572,00 m^2
Radio hidraúlico (sección llena)	1,42 m.
Avenida máxima	2.004,00 m^3/seg (año 1940-1941)
Volumen desaguado (Tramo romano)	1022,00 m^3/seg.

Este resultado confirma el nivel marcado por la Jefatura de O. P. y refuerza la opinión de la existencia de un puente largo ya en época romana.

Las pilas tienen un tajamar triangular rematado con una cornisa de talón, similar a la del puente de Vila Formosa, y que abraza perimetralmente toda la pila. En los tímpanos del lado aguas arriba hay adosada una pilastra saliente, centrada con respecto a las pilas, de 1,20 x 0,90 m de sección. Los arcos arrancan de la pila, con retranqueos de 10 cm.

La relaciones entre el ancho de las pilas y las luces de las bóvedas oscila entre 0,34 y 0,27. El espesor de la bóveda en las boquillas es de 1,00 m, lo que da un valor medio a la relación de esta dimensión con la luz de los arcos de 0,10.

La rasante actual, después de numerosas obras de restauración o adaptación, es horizontal, como lo fue, presumiblemente, la del puente original romano.

La anchura de las bóvedas varía entre 6,50 y 6,70 metros.

PUENTE DE CAPARRA

El Puente de Caparra, que pertenecía a la vía de la Plata que desde *Emerita Augusta* se dirigía a *Asturica Augusta*, tiene en la actualidad tres arcos principales (cuyas luces son 5,47 — 8,68 — 8,87 m) y un cuarto más pequeño de 2,40 m de vano. Es un puente bastante alterado y reconstruido, pero el origen romano de un parte de su fábrica no ofrece dudas. Las bóvedas fueron ampliadas y trasladado el paramento de aguas abajo, tal como puede observarse en el intradós, para servicio de la presa Gabriel y Galán. El ancho primitivo era de 5,00 m, alcanzando en la actualidad los 7,30 m. Opinamos que la única bóveda romana es la de mayor luz, de perfecta directriz circular, mientras que la otra de luz similar y contigua a ella, nos da la impresión que ha sido reconstruida posteriormente, por las imperfecciones que presenta. En estas dos bóvedas se observa sillería almohadillada. El espesor de las boquillas se mantiene más o menos de 0,60 m en el tramo entre la clave y los riñones, pasando a ser de 1,00-1,10 m entre esta ultima zona y los salmeres. Esta disposición constructiva, que a la luz de los conocimientos actuales podemos interpretar como un diseño destinado a facilitar el paso de la línea de presiones por dentro de la fábrica en determinadas situaciones por las que puede atravesar el puente, fue empleada por los ingenieros romanos no como fruto de esos conocimientos, que evidentemente desconocían, sino porque conocían el

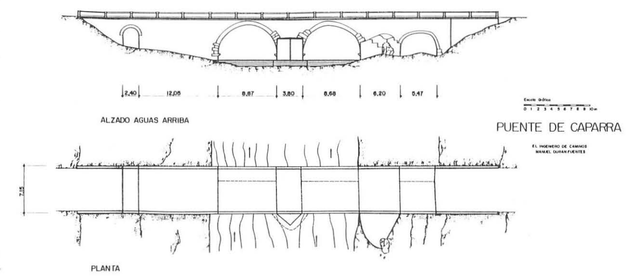


Figura 8

buen comportamiento estructural de esta y de otras disposiciones que hemos tenido ocasión de ver en distintos puentes por ellos construidos (ya hemos citado una muy curiosa en Ponte de Lima).

La pila central, situada en el medio del cauce del río cacereño Ambroz, de 3,80 m de ancho, quizá sea la única de época romana o por lo menos la que reproduce con mayor fidelidad la original. Su relación con la luz de la bóveda mayor contigua es de 0,43. Posee un tajamar, de planta triangular, que termina a media altura del tímpano central y está rematada por un plano casi horizontal, de forma similar a otros puentes como el Ponte Freixo o el Ponte de Pedra.

Puente de Alconetar

Los restos del Puente de Alconetar, antaño sobre el río Tajo, todavía hoy nos muestran su grandeza y originalidad de diseño, aunque su traslado, con motivo de la construcción del embalse de Alcántara, quizá le ha restado protagonismo y le ha dejado la duda de la fidelidad de la reconstrucción.

Todo él esta realizado con una sillería de grandes piezas, muchas de ellas con un destacado almohadillado. La presencia de tres niveles de cornisas en una de las pilas conservadas le proporciona un aspecto más adornado, de menor sobriedad que el resto de los puentes romanos peninsulares. La cornisa, de 0,45 m de altura y 0,30 m de vuelo, tiene una moldura de gola o cima recta.

Las pilas tienen un espesor considerable (una de ellas 8,15 y las otras tres sobre 4,50 m), y no era para menos teniendo en cuenta que era el río Tajo el que cruzaba. La relación con las luces de los arcos es variable (0,52 - 0,45), que son valores bastante altos. En la parte superior de una de ellas se conservan los

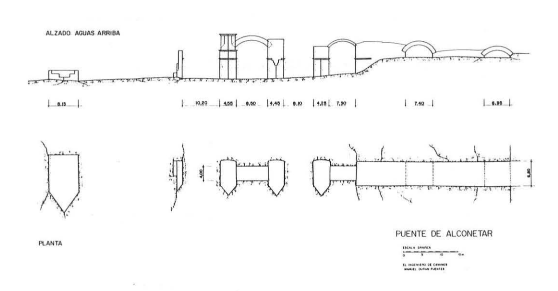


Figura 9

arranques de los arcos rebajados formados por dos hiladas de sillares biselados, con un plano de apoyo de 1,35 m de longitud. Extrapolando esta medida al posible espesor de las bóvedas originales (las actuales, al `parecer del siglo XVII, son más estrechas y de mala calidad), podemos apreciar que estarían en consonancia con los espesores de las dos bóvedas bajas conservadas, que tienen un espesor de 1,20 para luces de 7,40 y 6,95 (valor de la relación de 0,16). Si aplicamos esta relación a las luces de los arcos centrales rebajados, obtendríamos un valor similar de 1,38 m. (0,16 x 8,50 = 1,38 m). Hemos reproducido, a la vista de estas medidas y valores, la posible bóveda rebajada original, obteniendo un radio del intradós de 6,25 m y un ángulo de rebajamiento de 95 grados centesimales (menor de los 133 grados que definen la peligrosa sección de riñones).

Los paramentos de las pilas del lado aguas abajo presenta la singularidad de tener una forma circular, que desaparece en el tercer cuerpo. La antigua cimentación, según Fernández Casado, fue realizada sobre un afloramiento esquistoso de la zona, sobresaliendo de la planta de la pila las tres hiladas inferiores (mayor sección de apoyo o cimiento).

El ancho de las bóvedas más bajas y que nos dan una idea de la plataforma original alcanza valores de 6,55 y 6,80 m.

Finalmente destacar que el hecho de poseer bóvedas rebajadas no indica que su construcción fue tardía (siglo III o IV d.C.), ya que se conocen puentes con bóvedas escarzanas de época tardo-republicana, como los construidos en Padua (la Padova romana), con bóvedas muy rebajadas (p.e. el de San Lorenzo, en el 40-30 a.C.) de 94º de ángulo de rebajamiento de los arranques —valor prácticamente igual al de Alconetar— , y pilas muy esbeltas (con valores de la relación con la luz de los arcos de 0,12 y 0,15), o como el Ponte Pedriña de Ourense, situado en la antigua traza de la vía XVIII o Vía Nova (posiblemente construido en el siglo I-II d.C.), estudiado por el ingeniero Segundo Alvarado en un trabajo inédito, que tiene un arco rebajado de 144º, similar al puente de San Martín de Aosta.

Puente del Segura

El Puente del Segura, situado en la frontera de España y Portugal, está construido sobre el río Eljas.

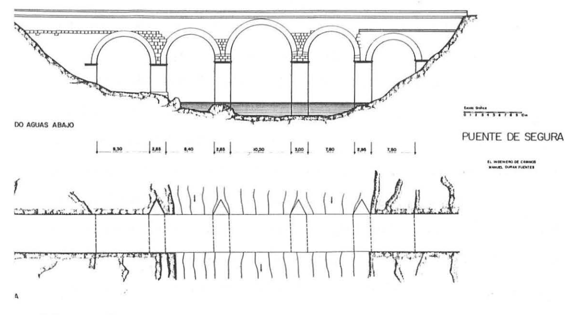


Figura 10

Tiene cinco bóvedas de luces comprendidas entre 10,50 y 7,50 m, dos de ellas, las únicas que son originales y situadas en ambos extremos, de medio punto perfecto, y ligeramente peraltadas las tres centrales, que creemos fueron reconstruidas sobre los arranques de los arcos romanos en época más reciente, quizá en el Medievo, tal como parece indicar las marcas de cantero que poseen. La fábrica del puente tiene tres zonas, claramente diferenciadas en su cronología constructiva: la más antigua, de época romana, se aprecia en la zona baja de los estribos, las pilas y las dos bóvedas extremas, está realizada con sillería almohadillada y destaca del resto por una pátina o color diferente; la medieval que se halla en las tres bóvedas centrales, reconstruidas con mayor altura que las extremas y con una fábrica similar también almohadillada. Quizá se hicieron así para que el puente tuviese una mayor sección de desagüe, que evitase otra ruina como la que pudo haberle acontecido y que produjo la necesidad de esa reconstrucción. Como consecuencia de este peralte dado a los tres arcos mencionados, mayor en el central, el puente tuvo una nueva rasante en doble pendiente. Por último la fábrica más moderna ejecutada con esquisto, realizadas para adaptar esa rasante medieval, a una nueva horizontal, útil al tráfico rodado.

Los espesores de las boquillas es de 1,00 m aproximadamente, que nos da una relación con las luces de las bóvedas que oscila entre 0,11 y 0,13.

Las pilas de sillería almohadillado, con huellas de grapas en forma de cola de milano, tienen un ancho de casi constante de 2,85 - 3,00 m, cimentadas todas ellas en el afloramiento rocoso de la zona, apoyadas directamente, sin que se observen trabajos previos de labra para mejorar el asiento de la primera hilada de sillares (esta circunstancia también la hemos observado en los puentes orensanos de Bibei y Freixo). Poseen tajamares de planta triangular, característicos de los puentes romanos, coronados por sombreretes piramidales de época moderna. Su remate se produce a 1,20 m por encima de los arranques de las bóvedas romanas. Tanto éstas, a ese nivel, como las pilas en su paramento de aguas abajo y ambos estribos, poseen una cornisa moldurada de talón (gola invertida), muy similar a la que tienen los puentes de Vila Formosa y de Salamanca.

La esbeltez de las pilas es interesante y la relación de ancho de pilas con las luces de los arcos alcanza valores que oscilan entre 0,39 y 0,27.

El ancho de las bóvedas es de 6,70 m.

Puente de Albarregas

El Puente de Albarregas, ubicado en las afueras de la ciudad romana de *Emerita Augusta*, sobre el río de igual nombre, daba paso a la Vía de La Plata. Tiene cuatro bóvedas de medio punto de luces reducidas, casi iguales, en torno a los 5,30 m, de 7,00 m de anchura, y dos pequeños desaguaderos de 1,23 y 1,05 m de vano. Las boquillas tienen un espesor de 0,65 m que dan una relación con la luz de las bóvedas de 0,12. La obra antigua es de sillería almohadillada y debió tener la rasante horizontal, igual que la actual

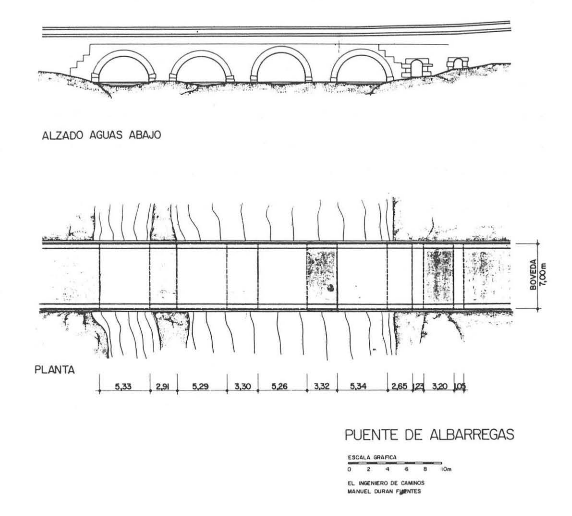


Figura 11

resultante de las obras de adaptación al tráfico moderno, realizadas en 1863.

Las pilas son bastante macizas (relación con la luz de los arcos de 0,55-0,60), de 3,30 m la de mayor anchura y 2,91 la menor. Carecen de tajamares del lado de aguas arriba, hallándose en el mismo plano boquillas y tímpanos. En algún momento de su historia los tuvo, como se puede ver en el dibujo realizado por Alexandre de Laborde en 1805, de planta circular rematados con sombreretes cónicos, que fueron añadidos a la obra romana en fechas desconocidas.

Los desaguaderos están rematados con una falsa bóveda, formada por dos sillares que en voladizo cierran el vano y que en su parte inferior están labrados con forma semicircular imitando una bóveda.

La cornisa que marca la rasante es sencilla, similar a la del Puente de Caparra, y no podría decirse si es original romana o fue colocada en la intervención mencionada de 1863.

Puente de Alcantarilla

El Puente de Alcantarilla situado en la provincia de Sevilla y que está construido sobre el pequeño río Salado de Morón, es un ejemplo del abandono en el que se encuentran muchos puentes históricos, con una fábrica muy deteriorada y un entorno muy degradado. Estudiado por Pierre Sillières, al que remitimos para más datos, solo queremos dejar constancia y hacer una denuncia de su mal estado de conservación, no solo del puente sino también de la histórica torre defensiva —el Castillo de Diego Corrientes— situada en uno de sus extremos, que fue objeto, hace unos años, de una desafortunada restauración. Hoy los restos de la torre sirve de corral de ganado.

El puente tiene dos bóvedas de medio punto, ambas de 8,95 m de luz y 6,00 m de ancho, y un espesor de boquillas de 0,85 m (relación Espesor/luz de 0,09). La única pila, que al parecer tuvo un tajamar aguas arriba y un desaguadero en su centro a la altura de los arranques de las bóvedas, tiene un ancho de 4,70 m, que da una relación con la luz de los arcos de 0,53. Como curiosidad destacar la existencia a los 65º (grados centesimales) con respecto a la vertical de la clave y a ambos lados, de unas dovelas que sobresalen en el intradós de las bóvedas, quizá para apoyo de las cimbras.

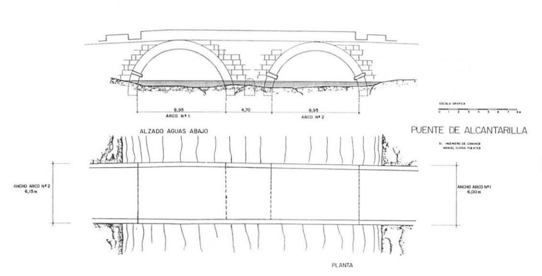


Figura 12

Puentes de los Pedroches y de Villa del Río

Los cordobeses Puentes de los Pedroches y de Villa del Río merecen por nuestra parte un especial interés, ya que por el hecho de haber formado parte de la red viaria romana y después de la del Califato y por presentar ciertas singularidades constructivas, como son el engatillado de las dovelas de sus bóvedas —de una

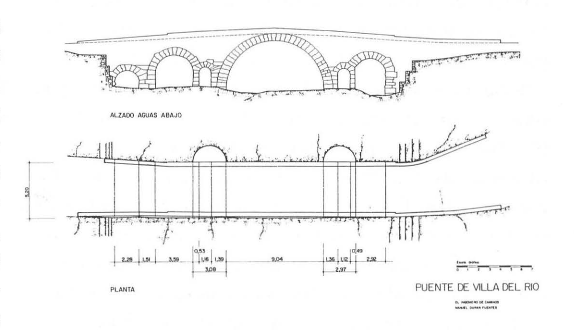


Figura 13

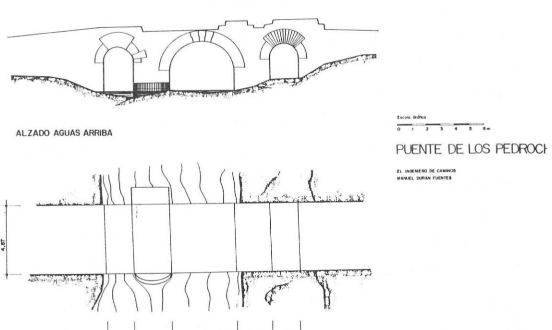


Figura 14

presencia muy escasa en las fábricas romanas de todo el Imperio— y el diseño de algunos arcos y pilas en el puente de Villa del Río, que destacan por únicos y atrevidos entre los puentes romanos peninsulares, hemos puesto en duda el origen romano de la totalidad o de parte de sus tipologías y fábricas actuales.

El primero de los puentes citado, el de Los Pedroches, se halla muy deteriorado y en un lamentable estado de abandono. Su fábrica romana es difícil de apreciar, aunque por algunos indicios deducimos tal origen (sobre todo por las medidas de ciertos sillares y la disposición a soga y tizón). Tiene una disposición simétrica , con tres arcos de 1,93 —4,55— 1,95 m, y un ancho de bóveda de 4,87 m. El espesor de las dovelas es irregular destacando su gran tamaño en el tercio central de los arcos extremos (singularidad que desde nuestro punto de vista no es de origen romano). Las pilas son cortas y tienen una anchura de 2,65 y 4,45 m (la relación con la luz del arco mayor es 0,54 y 0,58). Según Pierre Sillières que lo estudió tuvieron tajamares triangulares —hoy desaparecidos—, de 1,50 a 1,80 m de altura.

La presencia de dovelas engatilladas en el arco central, similares a las que posee el puente de Pinos Puente, construido a finales del IX y comienzos del X, y el aspecto general de la fábrica nos induce a pensar que se conserva muy poco de la original romana, salvo algunos sillares sueltos y algún tramo inferior de los paramentos de las pilas y de los estribos.

Quizá el puente de Villa del Río de todos los elegidos sea el que más dudas nos plantea sobre el origen romano de sus formas y fábrica actual. Dentro de los aspectos o detalles que apoyan la romanidad de la obra destacamos el almohadillado de la mayor parte de los arcos y tímpanos, y su parecido tipológico con el puente romano de Calamone situado en la Vía Flaminia (citado por P. Gazzola). En contra presenta dos detalles constructivos polémicos: el engatillado presente en las dovelas de todos los arcos y la disposición constructiva de los dos arcos laterales apoyados en el dovelaje de los desaguaderos, de tal modo que comparten el estrecho pie derecho. Este último detalle constructivo llama poderosamente la atención, por la sensación de fragilidad y desequilibrio en el que se puede encontrar la obra bajo determinados supuestos de movimiento o desplazamiento de los estribos o pilas (como hemos podido comprobar en los cálculos grafo-estáticos realizados y que afortunadamente, y a la vista está, no se han producido). Esta sensación es nueva y no la produce ningún otro puente romano de la Península. Al contrario, en todos ellos se aprecian diseños resistentes, fábricas muy macizas y conservadoras, que responden posiblemente a planteamientos iniciales de los ingenieros romanos de resistencia y durabilidad.

Por supuesto las razones expuestas para afirmar que el puente actual no es el original romano no son concluyentes, ya que puede tratarse de un diseño singular y único, o que se trate simplemente del único puente que felizmente, se ha conservado de un modelo utilizado, en determinadas ocasiones, por los ingenieros romanos. La desaparición de otras obras similares le proporciona esa singularidad que nos turba y que a la vez nos maravilla por su esbeltez y belleza.

El puente de Villa del Río, que salva el río Salado de Porcuna, tiene cuatro arcos de medio punto casi perfectos, y dos desaguaderos en las pilas que enmarcan la bóveda central, la de mayor luz (9,04 m). La anchura de las bóvedas es de 5,20 m. Las pilas tienen unas anchura de 1,51 m, 3,08 m y 2,97 m, con desaguaderos en las dos más anchas de 1,12 m de luz. La relación de estas con la bóveda mayor es 0,33 aproximadamente.

La boquilla de la bóveda central tiene un espesor de 0,70 m en la clave, que se incrementa a medida que nos acercamos a los arranques, lugar donde alcanza 0,86 m. Quizá estemos ante otro recurso empleado por sus constructores de asegurar, de modo intuitivo y por supuesto gracias a la experiencia acumulada, la estabilidad de la bóveda y que, a la luz de los conocimientos actuales, podemos interpretar como un detalle constructivo que favorece el paso de la línea de presiones por dentro de la fábrica. La relación de este espesor con respecto a la luz de la bóveda varía entre 0,08 y 0,10 aproximadamente.

Puente de Lugo

Y para finalizar dar unas breves notas sobre otros puentes que desgraciadamente conservan solo una parte de su antigua fábrica romana. Empezaré por el Puente de Lugo, que gracias al bajo nivel del río Miño y con ocasión de unas obras en su cauce, en el verano de 1995, fue posible la observación de la cimentación de algunas pilas, situadas en medio del cauce y nor-

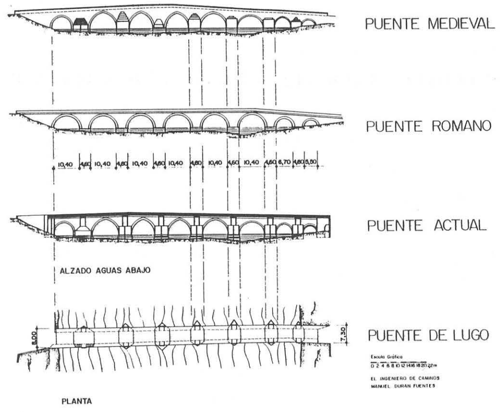


Figura 15

malmente cubiertas por el agua. Se pudieron apreciar los restos, claramente romanos, de las pilas formados por tres hiladas de sillares muy uniformes, con medidas similares a los de otros puentes romanos (Los Pedroches, Vila Formosa, etc), disposiciones alternas a soga y tizón (usual en muchos puentes romanos), y huellas de grapeado en cola de milano, etc. Se pudieron efectuar algunas mediciones que nos han permitido realizar una hipotética reconstrucción del puente romano original. Destacar que el ancho de las bóvedas romanas fue de 5,00 m, la luz de los arcos de 10,40 - 10,50 m y el espesor de las pilas de 4,50-4,60 m (relación con el vano del arco de 0,43).

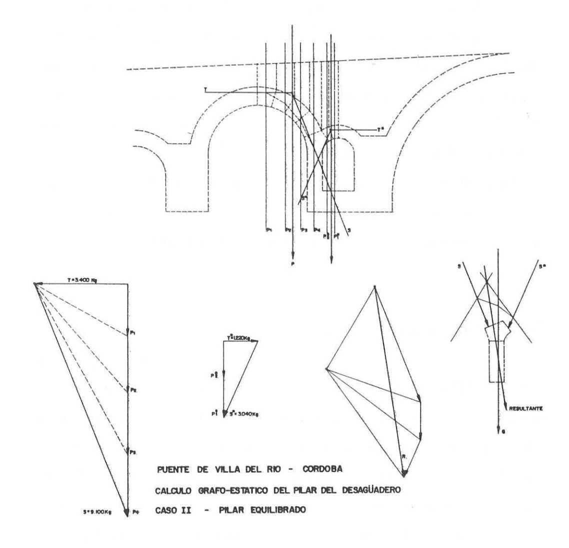


Figura 16

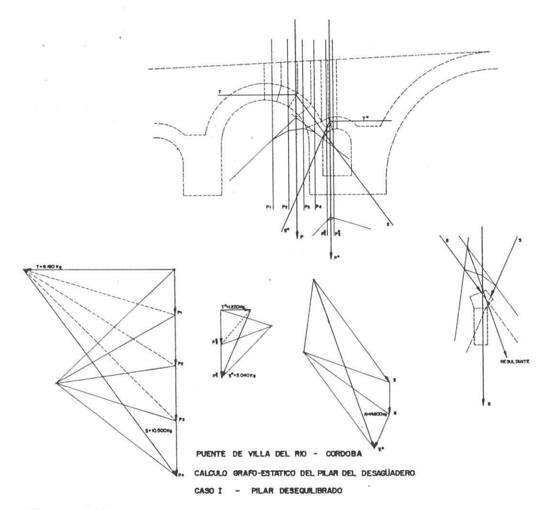


Figura 17

Solo nos resta destacar el ancho de las bóvedas de algunos puentes, aparte de los ya citados, que conservan en su fábrica indudables restos romanos, ya que nos parece un aspecto constructivo de este tipo de obras que claramente las identifica como romanas, como es el Puente de Martorell, que tiene un ancho que oscila entre 6,25 y 6,40 m, medida muy similar al de otros puentes de Galicia, como el Maior de Ourense, en el que se puede apreciar un ancho de 6,00 m, o los 6,30 m del Ponte Bibei y Ponte Navea, también en Ourense.

Y hasta aquí nuestro pequeño trabajo.

Bibliografía

Alvarado, S., Durán, M., Nárdiz, C., *Puentes históricos de Galicia*. Xunta de Galicia-Colegio de Ingenieros de Caminos,C. y P. Santiago de Compostela, 1990.

Alvarez Martínez, J. M.ª, *El Puente Romano de Mérida*. Museo Nacional de Arte Romano. Patronato Nacional de Museos. Badajoz, 1983.

Liz Guiral, J., *El Puente de Alcántara : Arqueología e Historia*. Cehopu-Fundación San Benito de Alcántara. Madrid, 1988.

Fernández Casado, C., *Historia del puente en España : Puentes romanos*. Instituto Eduardo Torroja. Madrid, 1980.

Sillières, P., *Les voies de communication de l'Hispanie meridionale*. Publications du Centre Pierre Paris. París, 1990.

De los orígenes y desarrollo de las armaduras de cubierta latinas

Miguel Carlos Fernández Cabo

Desde los tiempos mas remotos conocidos hasta comienzos del s.XIX, la Historia de la Construcción se desarrolla en base a dos sistemas constructivos claramente diferenciados: las *obras de fábrica* y los entramados de madera o *armaduras*, con la lógica combinación de ambos sistemas. Esta división no pretende sintetizar todas las combinaciones de sistemas y materiales desarrollados a lo largo de la Historia, pero sí, al menos como claridad conceptual y herramienta de análisis, dar respuesta al conjunto de la inmensa mayoría de construcciones antiguas conocidas.

La idea predominante de masa desarrollada en los distintos sistemas de obras de fábrica, viene condicionada por las características físicas y mecánicas intrínsecas de sus materiales constituyentes, todos ellos recogidos del suelo y subsuelo.

En contraposición a estas estructuras de masa, el sistema de armaduras o entramados, se desarrolla creando estructuras de barras, en base a las condiciones impuestas por los materiales de origen vegetal —los árboles—. Estas condiciones por lo que a nuestro análisis se refiere, se pueden resumir en una sola: la linealidad. Es decir, de los árboles, una vez podadas las ramas salen los troncos, que debidamente descortezados serán los elementos constructivos que permitirán la formación de entramados.

La otra gran diferencia estructural que contrapone a estos dos sistemas básicos de construcción, estriba en la diferente cohesión interna de los materiales, lo que conlleva su diferente comportamiento a tracción. Mientras las obras de fábrica, compuestas por materiales pétreos y terrosos de muy baja cohesión, incapaces de trabajar a tracción, se van a ver obligadas a desarrollar configuraciones estructurales que trabajen básicamente a compresión, las armaduras van a aprovechar la capacidad de aguantar tracciones y flexiones que tienen los materiales leñosos.

Las obras de fábrica, desarrollando estructuras de masa, pronto van empíricamente a descubrir la necesidad de incrementar la cohesión interior de sus fábricas, que intentan solventar por dos caminos distintos y complementarios. Por un lado tratan de mejorar la traba de sus piezas —sillares, mampuestos, ladrillos, etc.— a base de distintos diseños de aparejos, y por otra, gracias al gran descubrimiento que supuso la tecnología de las cales y puzolanas, ligar por adherencia los materiales pétreos o arcillosos que componen las fábricas.

Los sistemas constructivos basados en troncos de madera, van a tener su talón de Aquiles en dos ámbitos íntimamente relacionados, los ensambles o uniones entre las barras que componen los entramados, por un lado, y las escuadrías y longitudes disponibles en las forestas de las que abastecerse, por otro.

Los orígenes y desarrollo de los armazones de madera utilizados en construcción, están indisolublemente relacionados con los orígenes y desarrollo de los espacios y formas arquitectónicos. En tal sentido la madera ha sido utilizada en la composición de los tres grandes grupos constructivos: muros y pilares, forjados y cubiertas. Así los muros y pilares están ligados a la condición de verticalidad, y los forjados a

la de horizontalidad; ambas, condiciones ergonómicas del *homo erectus*. Por su parte las cubiertas se conforman buscando soluciones de planos inclinados o convexos a fin de evacuar las aguas o nieves.

Por lo que a la finalidad de este ensayo compete, obviaremos los entramados de muros por cuanto nos planteamos analizar como el intelecto humano ha solucionado el problema de cubrir espacios utilizando los materiales mas accesibles —en este caso la madera— en las distintas culturas, limitando nuestro campo de análisis principalmente al ámbito mediterráneo y europeo. Pretendo en consecuencia analizar de que manera el tamaño de las luces a salvar ha condicionado el diseño de las distintas soluciones y ha colaborado en el desarrollo de distintas arquitecturas.

Para nuestro análisis partimos de unos rollizos descortezados sobre los que se puede hacer una mínima labra de escuadrado de sus caras para mejor asiento y conformación de los entramados.

No cabe duda de que una de las estructuras mas elementales para salvar una luz entre dos apoyos es una simple tronco o una familia de troncos biapoyados (figura 1a). Cuando esto lo realizamos en horizontal tenemos los puentes y forjados mas simples. Si desnivelamos uno de los apoyos, obtenemos un plano inclinado que nos vendrá muy bien como soporte de un material de cubierta, con lo que tendremos una cubierta a un agua, al menos conceptualmente la de factura mas elemental (figura 2a).

Para entender mejor la evolución de estas estructuras adinteladas elementales, debemos introducir la premisa de economía de medios, por lo que enseguida entenderemos como las troncos mas grandes son utilizados como vigas o jácenas y los más pequeños o ramas de gran porte son utilizados como jaldetas, formando un segundo orden de apoyo en la dirección ortogonal del primero. y siguiendo la lógica de salvar las luces grandes con los troncos más grandes y las luces pequeñas con las piezas de menor escuadría (figura 1b). Lógicamente este esquema puede volver a repetirse volviendo a colocar piezas mas pequeñas en los espacios mas pequeños que van quedando, creando un tercer orden y de la misma manera se podría crear un cuarto, quinto, y así indefinidamente hasta que la red de intersticios sea lo suficientemente tupida para en el caso de cubiertas servir de apoyo al materia de cubierta, sea teja, pizarra, losa, teito, etc.

Por lo que respecta al discurso de este ensayo nos quedaremos con la estructuras más elementales de primer, y segundo orden que han dado lugar a la rica variedad tipológica de los llamados forjados o *alfárjes*. Cuando estos diseños de techos planos adintelados son utilizados en cubiertas formando planos inclinados son conocidos en España como *colgadizos*.

Retomando el hilo del desarrollo de los conceptos mas elementales, cabe indicar que este tipo de estructuras no genera empujes horizontales, tanto si el sistema de vigas es horizontal —alfarjes—, como si es

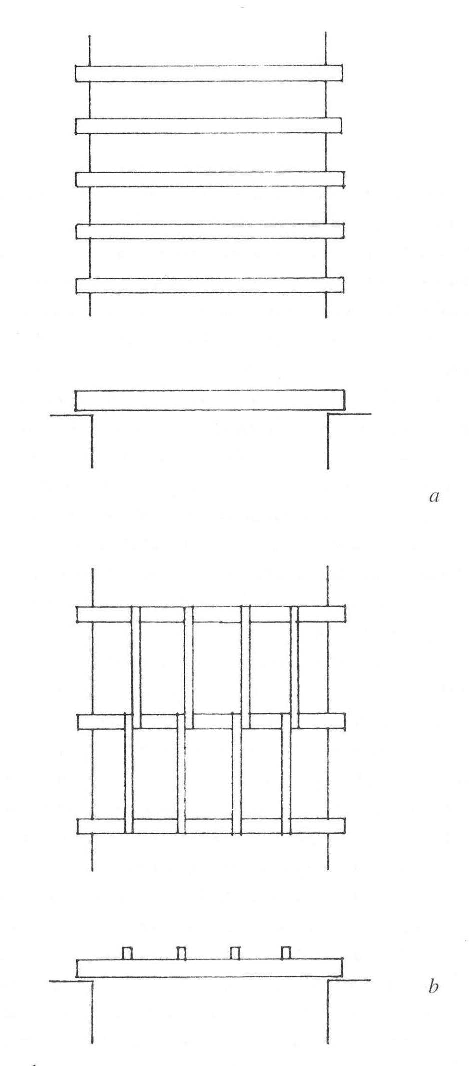


Figura 1

inclinado —colgadizos—, siempre y cuando en este último caso se tenga el especial cuidado de realizar apoyos simples de base horizontal en los extremos de las vigas. Los colgadizos pueden llevar la primer familia de vigas en el sentido perpendicular a la pendiente —familia de *pares* o *alfardas* (figura 2a)—, o bien en el sentido horizontal —familia de *correas* o *tercias* (figura 2b)—.

Los espacios que podemos cubrir de esta manera ven limitadas las luces máximas a la longitud de troncos disponibles. En el sentido longitudinal paralelo a los muros o líneas de carga, podemos crecer indefinidamente. Para crecer en el otro sentido, debemos crear un nueva línea de carga, continuando el paño inclinado en la formación de pendientes —lo que conllevaría muros cada vez mas elevados (figura 2c)—. o bien cambiar la dirección de caída de las aguas con lo que nos econtraremos intuitivamente con una de las soluciones mas vernáculas: la cubierta a dos aguas (figura 2d). De esta manera, con una luz limitada podemos crear arquitecturas que crezcan en ambas direcciones del espacio, pero que siempre tendrán el condicionante de una distancia máxima entre muros limitada al tamaño de troncos enterizos disponibles.

Si en una formación de doble crujía sustituimos el muro o línea de carga central por un pórtico de pilares y vigas conseguimos dar mayor diafanidad al espacio central (figuras 2e y 2f); recurso muy utilizado por aquellas arquitecturas que han necesitado realizar amplios espacios sin disponer de los conocimientos y tecnología adecuados para salvar mayores luces sin apoyos intermedios. Su única alternativa era la construcción de costosas cúpulas de fábrica que lógicamente eran reservadas para obras muy señaladas.

Si en vez de desnivelar los apoyos para formar un paño de cubierta, partimos de apoyos al mismo nivel, podemos utilizar las vigas como base de arranque para levantar otros troncos que sirvan para conformar la caída de las aguas. Para que estos dos troncos o pares no generen apoyos horizontales se ingenia la solución de apoyarlos simplemente sobre un pié derecho, que descansa sobre el centro de la viga (figura 3.a). Esta combinación elemental de viga —que no genera empujes sobre los muros— se puede repetir a cierta distancia cual si se tratara de vigas de primer orden, o bien irlas separando a mayor distancia y se apoyan entre ellas unas piezas llamadas correas que llevan la dirección paralela a la pendiente y que hacen las veces de elementos de segundo orden para reducir la luz y por tanto la escuadría. Siguiendo el mismo criterio primigenio de entramados de primer y segundo orden, podemos continuar espaciando las correas a lo largo del faldón de cubierta, o bien vol-

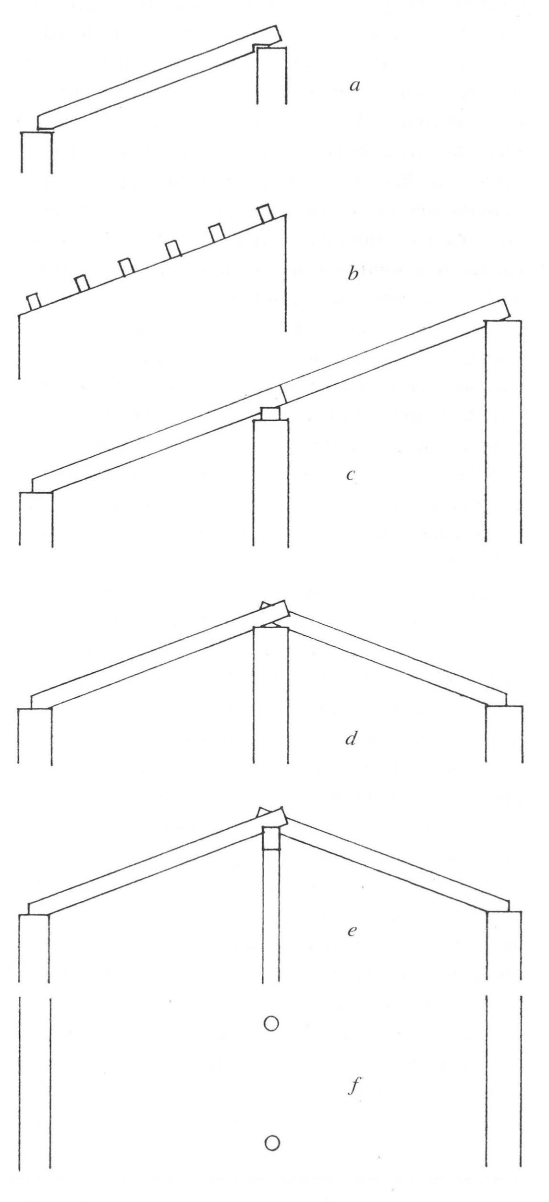


Figura 2

ver a colocar una nueva familia o tercer orden de vigas en la dirección perpendicular al faldón, con lo que tendremos los cabios o parecillos.

Obviamente con estos diseños tan básicos de estructuras adinteladas, los espacios que podamos cubrir se ven limitados por la longitud máxima de los troncos, y por sus secciones, que están claramente relacionados dependiendo principalmente de las especies. No obstante esta limitación parece no haber creado mayores problemas para el desarrollo de arquitecturas muy antiguas como la egipcia, mesopotámica, e incluso la griega, salvo el condicionante de no poder pasar de luces máximas inferiores a 10 m, a juzgar por las luces que se han podido constatar de la medición de los restos arqueológicos de sus obras de fábrica —cimientos, muros, columnas— que son las que han soportado mejor las inclemencias meteorológicas y agresiones humanas.

Estos esquemas adintelados o arquitrabados han sido muy utilizados por las arquitecturas orientales y extremo orientales a juzgar por el mantenimiento de esas tradiciones en la carpintería de armar china y japonesa. Por lo que respecta a nuestro ámbito, la mayoría de los historiadores especulan que los templo griegos se cubrían siguiendo estos esquemas adintelados a base de vigas de gran porte, que además de servir de apoyo al entramado de los faldones de cubierta, servirían para conformar un techo plano, posiblemente artesonado al introducir un segundo orden de vigas. Es a partir de la época helenística cuando se empiezan cubrir espacio públicos de gran envergadura, a juzgar por los restos arqueológicos del Boulenterion de Priene, y del Olympeion de Atenas. Los 14 m de separación entre filas de columnas del primero y los 14,80 del segundo,[1] nos hace pensar que pudieron estar en el camino hacia las armaduras atirantadas a base de simples tijeras, ya que la otra explicación posible es que hubieran conseguido importar troncos de gran porte que permitieran escuadrías del orden de los 80 cm de canto, para salvar la luz de un solo tiro, como es el caso de los tirantes —14 m— de la armadura de la catedral de Messine —s.XIII— en el mediodía francés,[2] pero realizando el apoyo de los pares sobre pies derechos que descansarían sobre la viga.

Al menos si podemos afirmar que disponían de la tecnología de uniones necesaria para realizar enlaces a tracción, ya que parece ser que conocían el rayo de júpiter utilizado en sus embarcaciones,[3] con lo que podría resolver el empalme del tirante reduciendo la longitud de madero disponible a la mitad. La solución de triangulación o entramado que armaron para estos edificios quedan dentro de la conjetura por mas que algunos autores hayan adelantado soluciones inspiradas en los diseños atribuibles a los romanos, lo cuál implicaría que serían los griegos los que inspiraron a los romanos sus cerchas o armaduras atirantadas.

Volviendo a retomar el hilo del discurso de los orígenes y desarrollo de los distintos tipos estructurales, vamos a ver cómo para poder superar la limitación de las luces que nos marcan los troncos disponibles eliminando apoyos intermedios, tenemos que partir de la siguiente estructura elemental: dos troncos apoyados uno frente a otro por el pecho, es decir empu-

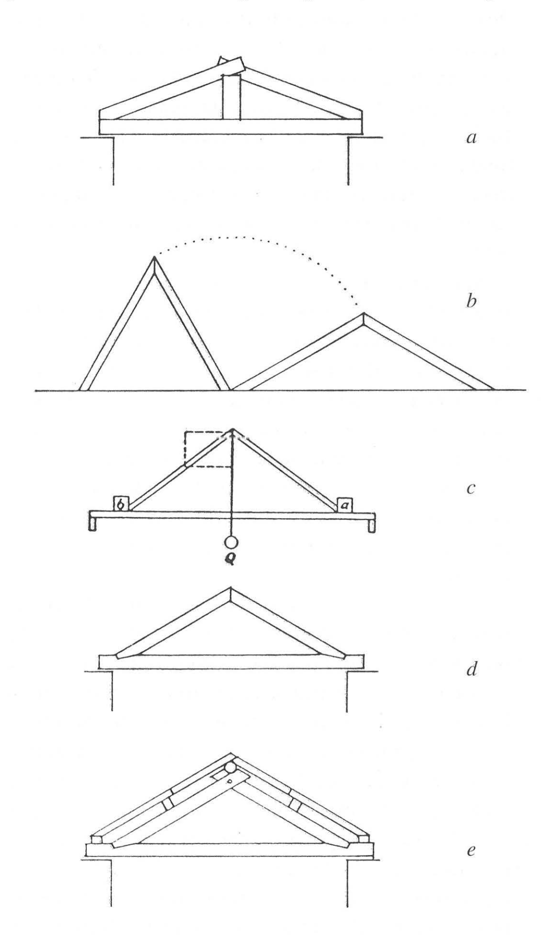


Figura 3

jando uno contra el otro (figura 3b). Si los enfrentamos siguiendo una fuerte pendiente, apenas notaremos deslizamiento en su base, pues el empuje horizontal es pequeño y el rozamiento contra el apoyo impide su desplazamiento; a medida que vamos bajando la pendiente se incrementan los empujes horizontales, por lo que pronto se daría cuenta de que deberían contrarrestarlas. Esta formación es un arco muy elemental que obviamente genera empujes horizontales en sus apoyos, como trató de determinar empíricamente Leonardo da Vinci (figura 3c).[4] Para hacer frente a estos empujes existen básicamente dos soluciones: una, incrementar la sección de muro para impedir su vuelco o desprendimiento, y, dos, introducir una barra que absorba interiormente las tracciones generadas por esos empujes. A partir de este momento ya tenemos configurada la cercha más elemental. Utilizo la palabra en su sentido tradicional y etimológico, por cuanto cercha viene del francés antiguo cerche, y este del latín circulus; inicialmente palabra con el mismo origen que cimbra y con el mismo significado que arco, por lo que estructuralmente también es adecuado llamarle arco, aunque su geometría sea recta. Con esta asociación se entiende mejor el trabajo del tirantes que hace las veces de la cuerda en el arco.

Este triángulo elemental (figura 3d.), denominado *tijera* por los tratadistas españoles del s.XVII, adecuadamente ensamblado para que la barra horizontal, —el tirante—, pueda ejercer su función, parece haber sido conocido por los romanos a juzgar por los comentarios de Vitrubio en su libro 4, cap. 2. Si bien la exposición no es lo suficientemente clara, el mismo relata que cubierto una basílica con ese sistema —Fano, 17,80 m de luz—. Debemos viajar hasta el Renacimiento para que una pintura al fresco nos informe sobre las armaduras que supuestamente cubrieron las grandes basílicas romanas. El único dato constatable de estas tijeras elementales nos lleva al Monte Sinai —monasterio de Sta. Catalina— en la Siria del siglo VI, donde gracias a una inscripción en uno de los tirantes se ha podido datar como auténtica una armadura atirantada de este tipo. Este esquema estructural tan simple a base de tijeras y correas (figura 3e), se vendrá utilizando en la cuenca mediterránea para cubrir espacios de pequeñas crujías, y lo vemos repetido en las iglesias medievales sicilianas como la catedral de Siracusa, o la citada francesa de Messine.. En España esta tipología estructural ha sido vernáculamente utilizada por la arquitectura popular para sus armaduras de cubierta (figura 4).

Por lo demás , hasta esa fecha —s.VI— nos movemos en el plano de las conjeturas. La única referencia clara que tenemos sobre el primer periodo romano nos la ofrece la ilustrativa columna Trajana, que nos talla en la piedra un dibujo interpretando lo que pudo ser el famoso puente de la colonia trajana sobre el Danubio. Allí se puede constatar el conocimiento que los romanos tenían de los entramados y cimbrados, con la extensiva utilización de cruces de San Andrés para rigidizar los entramados. Sin embargo de ahí a tener un claro conocimiento del comportamiento de cada una de las barras que componen los entramados queda mucho que andar.

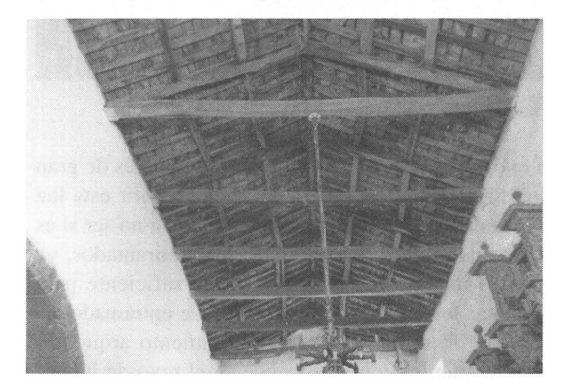


Figura 4
Iglesia parroquial Castropodame (León) Nave central. s. xx

En este plano y siguiendo el mismo argumento utilizado en los grandes espacios helenísticos, viajamos hasta comienzos del siglo IV con las primeras basílicas cristianas. En el 313 Constantino declara al cristianismo religión oficial del imperio y manda edificar la primera basílica de San Pedro que es terminada hacia el 330. La armadura de esta basílica fue supuesta y fielmente recogido por una pintura al fresco existente en el Vaticano —Palacio de los Canónigos— (figura 5), antes de proceder a su demolición para construir el actual Vaticano. La arqueología de sus restos nos permite configurarla en su conocida planta de nave central y dos laterales. Pero para el caso que nos atañe lo que nos importa es la dimensión transversal de su nave central —24 m— . Aquí

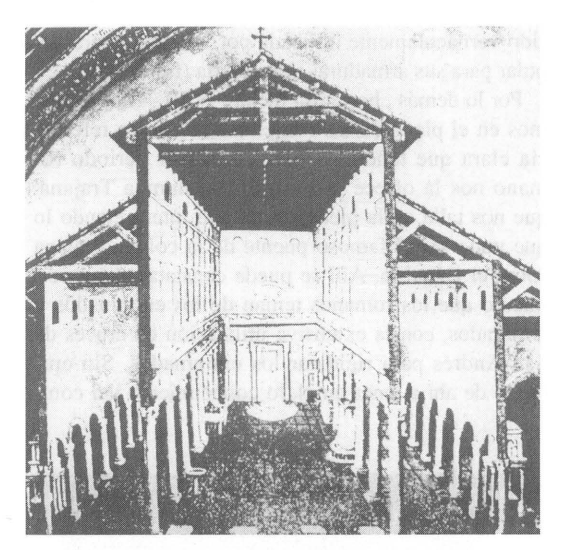


Figura 5

si que el argumento de los troncos de árboles de gran porte importados se nos viene abajo. Cubrir esta luz a base de troncos de madera es inviable a no ser si es a base de entramados ensamblados y atirantados, ya que los muros no tenían el espesor suficiente para aguantar los empujes de un diseño de entramado arqueado. También tenemos conocimiento arqueológico de que los romanos conocían el rayo de júpiter así como otros ensambles y entalladuras, gracias a los descubrimientos arqueológicos efectuados en Pompeya y Herculano.

Ahora bien, nos queda la duda de si la solución recogida en el fresco citado, corresponde a la solución original del s. IV o a una reconstrucción medieval. No obstante, disponemos de un documento de gran relevancia fechado en el s. IX, en el que se menciona la sustitución de piezas de la armadura de S. Pablo extramuros, basílica coetánea de la de S. Pedro y con igual tiro de nave central —24,25m—. La escuadría del tirante, 0,495 × 0,385m no deja lugar a duda sobre la necesidad de cualquier tipo de solución atirantada que hubiera tenido, que si hemos de creer la suministrada por Rondelet antes del incendio de esta armadura acaecido en 1823, coincide con la reflejada en el fresco del Vaticano.[5]

Hoy por hoy hay un gran vacío en el rastreo del origen de las armaduras atirantadas. y solo la afortunada arqueología podrá dar visos de certeza a las actuales conjeturas.

Salvando el inciso histórico, y volviendo a nuestra análisis evolutivo, partiendo del triángulo elemental o tijera, sus antiguo creadores pudieron constatar como a medida que incrementaban las luces a cubrir comenzaban a aparecer flexiones en los pares o cuchillos. Una de las soluciones mas inmediatas surge apuntalando el descuelgue sobre la barra más próxima, el tirante, procurando de hacerlo sobre el tramo mas próximo al muro para no incrementar la flexión del tirante.[6] Sin embargo si la sección del tirante no es lo bastante fuerte, éste también combará, con lo que acabarán encontrando la solución de apuntalar los cuchillos entre sí: así aparece el llamado *nudillo* por López de Arenas (figura 6) o *jabalcón* por Fray Lorenzo, barra horizontal que equilibra las deformaciones contrapuestas de los pares o *cuchillos de armadura* (figura 7). Esta es una solución

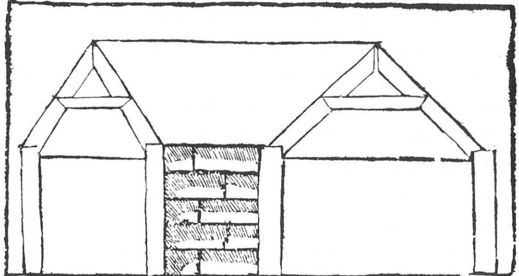


Figura 6
Diego López de Arenas. Breve compendio de la carpintería de lo blanco y tratado de Alarifes. Sevilla, 1633, fol. 7

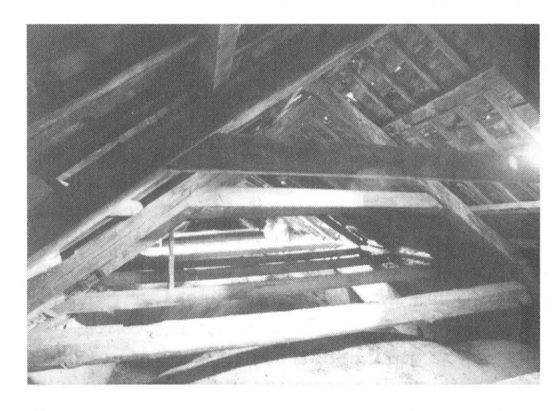


Figura 7
Iglesia parroquial de Amión (Guadalajara). Bajo cubierta de la nave central, s. XVI

muy utilizada también por la carpintería de armar centroeuropea, donde el nudillo se combina con puntales o jabalcones en las armaduras de cubierta de sus iglesias medievales de los siglos XII y XIII.[7]

Una vez que se logra entender bien el mecanismo de atirantado, y siguiendo bajo la premisa de economía de medios, se puede reducir más la sección del tirante si se le cuelga de la clave del propio entramado que ya suponemos que ellos entienden como arco. Así aparece el pendolón que se suele combinar con los jabalcones horizontales tal como muestran los diseños Palladianos, supuestamente inspirados en la herencia romana. Sin embargo donde esta pieza clave de una armadura triangulada empieza a hacerse presente con clara intencionalidad estructural, es en las armaduras medievales del mediodía francés, tal como nos ilustra Viollet-le-Duc en varios de sus dibujo.[8]

Siguiendo la información suministrada por Viollet-le-Duc, es a partir del s.XII cuando parece renacer con fuerza la voluntad formal de levantar bóvedas. Dada la precariedad de medios económicos la mayoría de estas bóvedas se realizan en madera siguiendo el patrón formal de medio cañón de las de fábrica. Esta trasposición formal obliga a un cambio brutal en las pendientes de las cubiertas, —hasta ahora de pendiente mas baja de origen latino, por ser mas económicas— para hacer compatible la formación de los paños inclinados de cubierta, con el alojamiento en su seno de una forma abovedada de medio cañón.

Ante estos condicionantes formales los diseños de entramados empiezan a hacerse mas confusos y van buscando la rigidización de los pórticos, hasta el punto en que gracias a la gran inclinación de las pendientes puedan liberarse de los tirantes, que no cabe duda serían de poco agrado estilístico al romper aunque sea linealmente, la diafanidad del espacio abovedado.

No obstante quizá el cambio en la inclinación de las pendientes provenga de una tradición vernácula centroeuropeo donde se precisan elevadas inclinaciones para desalojar las nieves. Esta parece ser la condición formal que inspira el desarrollo de otra tipología de armaduras claramente diferenciada, las armaduras de palomillas, y cuyas primeras referencias documentales las encontramos en el álbum medieval de Villart de Honnecourt. Estas armaduras de origen sajón y anglo-normando, desarrollan sin embargo, gracias a su gran pendiente, entramados que van buscando la forma de arcos intentando centrar lo más posible los empujes para que no desetabilizen los muros, que dicho sea de paso para estos diseños han de ser de sección mucho mayor, cuando se realiza sin tirante alguno.

También en España se buscan estas formas de arco con las armaduras de siete paños (figura 8), donde adema del nudillo, aparecen sendos jabalcones que van a descargar un par de metros por debajo de la coronación de los muros, utilizando así el peso muerto del muro como contrapeso para central la resultante del empuje, y de esta manera poder prescindir del tirante, pieza que enturbia la percepción transparente del espacio abovedado.

En Inglaterra, gracias a disponer de árboles de gran envergadura y a desarrollar con eficacia ensambladuras y entalladuras de notable rigidez, han conseguido en momentos de esplendor económico conseguir superar ligeramente los 20 m de luz en el Westminster Hall, s. XIV, mientras que las armaduras góticas francesas se mueven entre los 12 y 14 m —Reims, 12 m, París, 13 m, Beauvais, 14 m— aunque en este caso bajo la servidumbre que supone adaptarse a la luz impuesta por las bóvedas de fábrica que cobijan. En España con las armaduras de pares ajabalconadas no logrará pasarse apenas de los 14 m. Tenemos que acercarnos al renacimiento italiano con los entramados de Palladio, para volver a alcanzar los 24 m de las basílicas constantinianas.

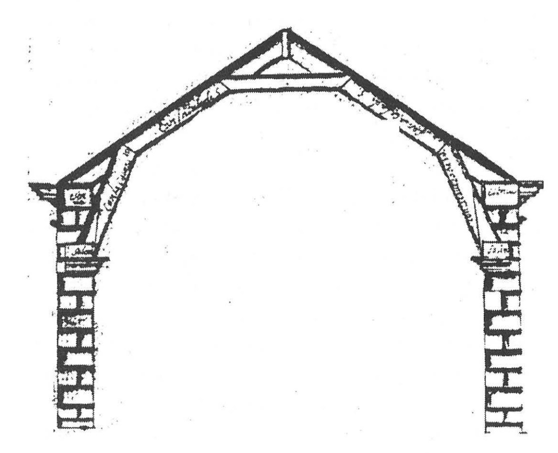


Figura 8
Manuscrito de Rdrigo Alvarez, 1674



Figura 9
Iglesia de San Juan Atienza (Guadalajara). Entramados de bajoocubierta de las naves abovedadas

Estos entramados empezarán a desarrollarse a partir de finales del s XVIII, con la aparición de la Academia Francesa. Sin embargo hasta principios del s.XIX , cuando empieza a proliferar la tratadística de la construcción —sobre todo en Francia—, no se comienzan a formular soluciones isostáticas susceptibles de cálculo por medio de la estática gráfica, aunque en el ámbito del mundo científico ya habían pasado varios siglos desde que en el s.XVII se realizan las primeras formulaciones basadas en diagramas vectoriales.[9]

En este estadio del análisis quizá sea oportuno introducir una división de carácter arquitectónico en el mundo de las armaduras, ya que va a condicionar claramente su desarrollo. Se trata de descomponer las armaduras en dos campos, las *aparentes*, diseñadas con intencionalidad estética para ser vistas, y las *ocultas*, cuya función es meramente ingenieril, en el sentido de cubrir un espacio bajo una forma determinada con el menor coste posible.

En España esta diferencia se va a ver con una claridad absoluta ya que todas las armaduras diseñadas para ser vistas se realizan en base a una tipología de armadura de pares, *par y nudillo*, o *pares y jabalcones*, mientras que las armaduras toscas o las realizadas en espacios bajocubierta tras las bóvedas o incluso como cubierta de protección de las armaduras aparentes, se diseñan en base a un esquema de armadura de *tijeras y tercias* o correas. La explicación estriba en que las primeras se adaptaron mejor que las segundas a la conformación de espacios a base de paños o planos que dan una primera aproximación abovedada al espacio arquitectónico y al desarrollo de las lacerías realizado en la cultura hipanomusulmana, por otra parte, dada la regularidad y la proximidad entre los pares, que servían de trama a los distintos diseños de trazados. Por otro lado, los entramados de tijeras y tercias resultaban de menor consumo y labra de material, por lo que su uso se adscribió a los espacios bajocubierta.

Voy a aprovechar la referencia a estos tipos españoles para explicar una diferencia tipológica muy importante : el atirantado de la cercha, pórtico o simple tijera, y el atirantado de estribo (figura 10). Las armaduras de tijeras y correas, diferencian entre elementos estructurales de primer orden, las tijeras o cerchas, y elementos estructurales de segundo orden, las correas o tercias; así las primeras necesitan atirantado mientras que las segundas no, con lo que el apoyo de la estructura se puede realizar sobre simples durmientes. En cambio en las armaduras de pares, los pórticos par-nudillo o los simples pares enfrentados constituyen el primer y único orden estructural de relevancia, al estar muy próximos entre sí —30 a 40 cm—. Sin embargo el empuje que realizan sobre la línea de apoyo sobre los muros es continuo en vez de puntual como en el caso anterior. De esta manera en estas armaduras de pares lo que se atiranta es el estribo, base de apoyo de los pares, que funciona como una viga y se atiranta a la máxima distancia que permita la escuadría del estribo, para evitar una deformación a flexión excesiva.

Con este breve análisis tipológico y evolutivo, no he pretendido empaquetar la inmensa riqueza de soluciones existentes en la carpintería de armar, sino solamente disponer de una herramienta de análisis

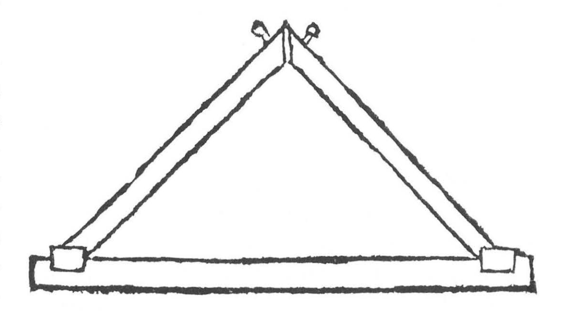


Figura 10
Diego López de Arenas. Breve compendio de la carpintería de lo blanco y trazado de Alarifes Sevilla, 1633, fol. 1v

que nos sirva de guía y referencia en nuestros viajes por la historia de la carpintería de armar, introduciendo premisas como la economía de medios, la lógica estructural, el apego a las tradiciones, y las voluntades formales, que interaccionando entre sí nos van aclarando el porqué de los orígenes de la gran variedad de soluciones encontradas.

NOTAS

1. Adam, J. P., *La construcción romaine*, 1989. París, pág. 226.
2. Según información recogida por Viollet-le-Duc, se trata de una tijera elemental que salva una luz de 14 m con un tirante de 0,80 m × 0,45 m, separadas entre sí a 2,50 m Viollet-le-Duc, *Dictionnaire raissonné de l'architecture...*, 1863-64, Paris; Enciclopedie medievale d'après Viollet-le-Duc, Tome I (refonte du Dictionnaire raisonné par Georges Bernage), 1978, París. pág. 268.
3. J. P. Adam, *op. cit.* pág. 105.
4. Timoshenko, S.P., *History of strength of materials*, pág. 6.
5. J. P. Adam, *op.cit.,* pág. 229.
6. Binding, G., *Das Dachwerk* ..., 1991, München, pág. 27; armadura de cubierta de la ig. de S. Martin en Sindelfingen, 1132.
7. *Op. cit.*
8. Viollet-le-Duc, *op. cit.* p.p. 261 y 269.
9. La primera aplicación de la estática a la solución de los problemas de arcos, es debida a Lahire (1640-1718), miembro de la Academia Francesa. Timoshenko, S.P., *op. cit.* pág. 63.

Geometría y función estructural en cantería. La cantería y la estereotomía de la piedra en el aprendizaje del arte de construir y otras consideraciones

José Fernández Salas

La teórica de la Arquitectura es el conocimiento que de ella se puede adquirir por el estudio de los libros, por los viages o por la meditación: la práctica es el conocimiento que se adquiere con la execución y conducta de las obras. Estas dos partes son de tal modo necesarias, que los Arquitectos que intentaron llegar a la inteligencia de su Arte con sólo el exercicio, por mucha que fuese su fatiga, jamás hicieron gran progreso: ni tampoco le lograron los que con sólo el estudio de los libros y meditación pensaron conseguirle. (Vitrubio. *Los Diez Libros de la Arquitectura.* Libro 1)

Los principios básicos e intemporales del arte de construir están presentes en la cantería, del mismo modo que el arte de navegar se funda en los vientos y en la vela.

Cuando contemplamos hoy un arco de dovelas de piedra difícilmente podemos imaginar el esfuerzo de creatividad y oficio que costó su desarrollo y el salto de gigante que supuso para el avance de la cultura arquitectónica. Casi podríamos afirmar que no hubiera sido posible concebir el espacio vacío arquitectónico sin el arco y la bóveda. En el arco de dovelas se integran armoniosamente geometría y estructura, que van a ser inseparables en el progreso posterior del oficio. La ley del funicular preside desde entonces su tecnología.

El hecho de que la mayor parte de nuestro patrimonio arquitectónico esté resuelto en piedra, impone la necesidad de conocer y respetar la Cantería que, lejos de ser una ciencia muerta, vuelve a estar de actualidad. El Arte de la Montea nos permitirá entender mejor los orígenes de la Construcción y de la Arquitectura. Y será un eficacísimo instrumento de disciplina mental en la investigación histórica, en la docencia y en el aprendizaje de la Construcción, así como en las técnicas de rehabilitación y restauración.

Si es importante conocer la Cantería para hacer uso correcto de ella, no lo es menos entender la profunda sabiduría que encierra y transmite su oficio. En la Cantería se desarrollaron las técnicas de la estructura que, partiendo de la superficie continua en muros y bóvedas de cañón, evolucionaron hasta alcanzar las más altas cotas con la bóveda gótica de crucería al pasar de la superficie activa a la estructura líneal o de entramado.

Las reglas que ofrecen la Cantería y la Estereotomía constituyen un estricto código de metodología doctrinal de la Construcción. Los principios básicos e intemporales del arte de construir están presentes en la Cantería, del mismo modo que el arte de navegar se funda en los vientos y en la vela.

La cantería es un arte de construir provisto de lenguaje propio y riguroso

¿Es el Latín una lengua muerta? Tanto si lo es como si no, lo cierto es que ha ido decayendo paulatinamente en la enseñanza media, hasta su total supresión. Los políticos han debido pensar que su aprendi-

zaje resulta poco práctico para los tiempos que vivimos y las consecuencias están a la vista.

Empieza a resultar alarmante el bajo nivel de calidad del lenguaje en la Universidad. Para muchos, el lenguaje correcto no pasa de ser una cuestión de estética o de estilo, un ornamento superfluo. Algunos, incluso, tachan de reaccionaria la exigencia de rigor lingüístico. A los docentes nos preocupa el rigor conceptual pero admitimos con benevolencia las faltas de ortografía y las incorrecciones lingüísticas, sin darnos cuenta de que la expresión inequívoca de un concepto sólo es posible con un lenguaje preciso. Las carencias actuales se generan en colegios e institutos y se manifiestan impúdicamente en la Universidad. Hemos perdido el Latín pero ¿qué tenemos a cambio?

El lenguaje es el más sólido y potente instrumento de comunicación que posibilita el acceso al mundo de la cultura y del conocimiento científico. Usarlo con pobreza supone dificultad para expresarse y para ser entendido. El profesor que no lo domina explicará mal o, incluso, incorrectamente. El alumno tendrá dificultad para interpretar lecciones, conferencias y textos bibliográficos y cuando necesite exponer un tema por escrito lo hará con incorrecciones ortográficas, sintácticas y conceptuales. Y el profesional defenderá mal sus postulados técnicos en informes o trabajos escritos, si la calidad de su lenguaje no alcanza el nivel adecuado.

La Cantería es un arte de construir provisto de lenguaje propio y riguroso. La Estereotomía de la Piedra, que fue asignatura obligatoria en las escuelas de Arquitectura y de Aparejadores durante muchos años, inculcaba al alumno los conceptos básicos de la Construcción y le hacía ver que las formas cristalográficas de la Geometría Descriptiva sólo pueden materializarse con el espesor a que obliga la Construcción mediante el dominio del oficio. La pérdida de la Cantería en la enseñanza de la Arquitectura ha supuesto, en cierto modo, la pérdida de la morfología y sintaxis constructivas. El conocimiento de su oficio ayudaba a estructurar la mente para interpretar el hecho constructivo, del mismo modo que el Latín favoreció, durante siglos el mejor conocimiento de las lenguas románicas.

A veces da la impresión de que se están «perdiendo las formas, o tal vez el amor al oficio de construir, a juzgar por la superficialidad con que se abordan los aspectos tecnológicos en la expresión gráfica. Es como si faltaran unas reglas para dicho lenguaje. Además, desde que se incorporó la informática al mundo del diseño, muchos trabajos técnicos poco rigurosos ofrecen un impresionante y compulsivo alarde de aportación gráfica, gratuita y pretenciosa, sin analizar a fondo el procedimiento constructivo. Esta demasía es, con frecuencia, simple verborrea o charlatanería técnica expresada en un lenguaje zafio y menesteroso. Al igual que con el Latín nos preguntaremos: ¿qué se ha ganado con la supresión de la Cantería en la enseñanza de la Construcción?

Geometría y función estructural se conjugan con asombroso rigor en el arte de la montea

La forma geométrica en Cantería es inseparable de la función estructural. Las dovelas de un arco o de una bóveda sólo serán estables y su comportamiento mecánico correcto si su geometría también es correcta, y ello sólo es posible cuando sus cortes son radiales. De este modo la Construcción es totalmente consecuente con la Geometría y el oficio de construir en piedra es básicamente un arte basado en las trazas geométricas. Con la Cantería no cabe el pretendido divorcio entre diseño arquitectónico y Construcción. Nunca se han integrado mejor Construcción y Arquitectura que en una obra de cantería. Nunca un material ha influido tanto en el proyecto arquitectónico.

La Geometría ha sido herramienta inseparable de la Construcción y de la Arquitectura desde la cultura egipcia hasta que la Cantería empezó a decaer en el presente siglo. En algunos periodos históricos ha tenido incluso connotaciones teológicas, cuando no teosóficas o esotéricas de inexorable influencia en la arquitectura.

San Agustín tomó del Libro de la Sabiduría de Salomón el principio de que «Dios ha ordenado todas las cosas en medida, número y peso» y de Platón el de que «la belleza es el esplendor de la verdad». Pensamientos que se convirtieron en la clave de la visión medieval del mundo.[1] Thierry de Chartres, influyente representante del movimiento neoplatónico, tratará de explicar, con ayuda de la Geometría y la Aritmética, el misterio de la Trinidad. Según él, el triángulo equilátero representaría la igualdad de las tres personas. Guillermo de Conques, John de Salisbury y

Abelardo identifican la armonía universal con el orden arquitectónico. Si, pues, la Geometría aporta el orden y éste la armonía, con su ejercicio se podrá alcanzar la belleza y la verdad. A Dios se le encontrará al final del camino mediante la perfección matemática de las soluciones arquitectónicas y constructivas. Al someterse a estas reglas el arquitecto medieval creía imitar al maestro divino, al que solía representarse en el arte y la literatura góticas con un compás, como Creador que había compuesto el universo siguiendo las leyes de la Geometría.

También está presente este afán en las técnicas canteriles, no en vano fueron los geómetras quienes se ocuparon de las trazas. La piedra necesitó la exactitud de la disciplina de Euclides para definir líneas y superficies inscritas en sólidos capaces. Los maestros canteros necesitaban conocer ángulos, radios y dimensiones reales de los sillares para obtener las plantillas a tamaño natural; lo que les obligaba a dibujar éstos en la montea mediante procedimientos sencillos, pero no por ello faltos de rigor geométrico, mucho antes de que Gaspar Monge desarrollara el sistema diédrico. La forma geométrica se materializaba después, durante el proceso de labra, con la ayuda de escuadras, compases, baiveles y saltarreglas (figura 1).

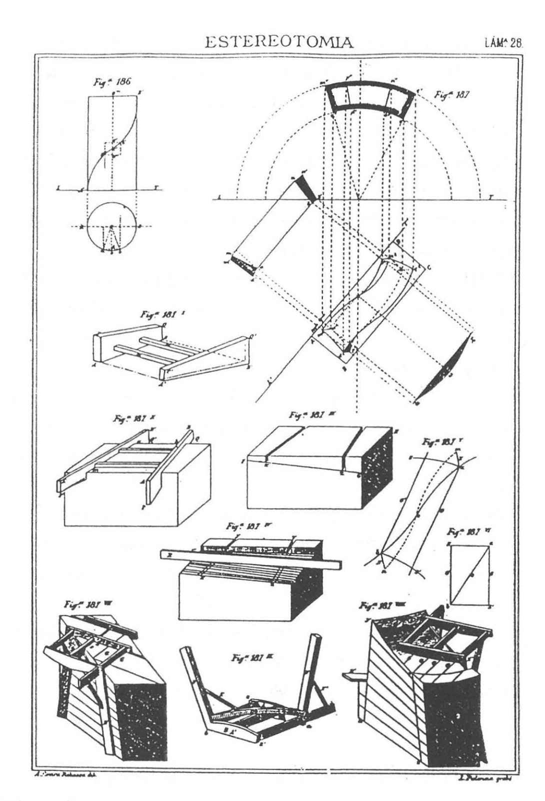


Figura 1
La forma geométrica se mentalizaba con la ayuda de escuadras, compases baiveles y saltarreglas

Pero no sólo era útil la Geometría para la montea, sino también para determinar la estabilidad de las construcciones. Los métodos medievales para dimensionar estribos y muros de apoyo y contrarresto de bóvedas se basaban en sencillos trazados geométricos[2] (figura 2). Más tarde, en el s. XVIII, un ingeniero y tratadista español, Antonio Ramos (1723-1782) elabora un manuscrito: *Sobre la gravitación de los arcos contra sus estribos y sobre el cálculo para la resistencia de éstos* que viene a ser un auténtico tratado de Estática Gráfica, en el que, mediante planteamientos geométricos, se pueden determinar los valores numéricos del comportamiento estructural.[3] Los trabajos más recientes del profesor Jacques Heyman[4] relativos al comportamiento de las fábricas de piedra mediante el empleo de las ecuaciones de equilibrio, despreciando las deformaciones internas, las condiciones de contorno y las tensiones en la fábrica, al considerar que no hay peligro de colapso por aplastamiento, constituyen un cierto espaldarazo a las teorías clásicas del dimensionamiento de la obra de fábrica por métodos geométricos.

Los tratados de Arquitectura, a partir del siglo XVI, empiezan a difundir los secretos del oficio que, hasta entonces habían sido guardados celosamente por los gremios y transmitidos exclusivamente, de modo verbal, en un lenguaje hermético y oscurantista. Diego de Sagredo (1524), Alberti (1582), Palladio (1625) y un sinfín de tratadistas, divulgan el pensamiento arquitectónico renacentista. La geometría euclidiana constituye siempre una parte fundamental en los tratados. Los números y las proporciones, tam-

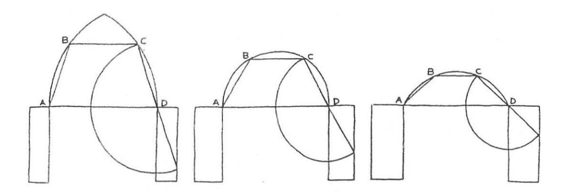
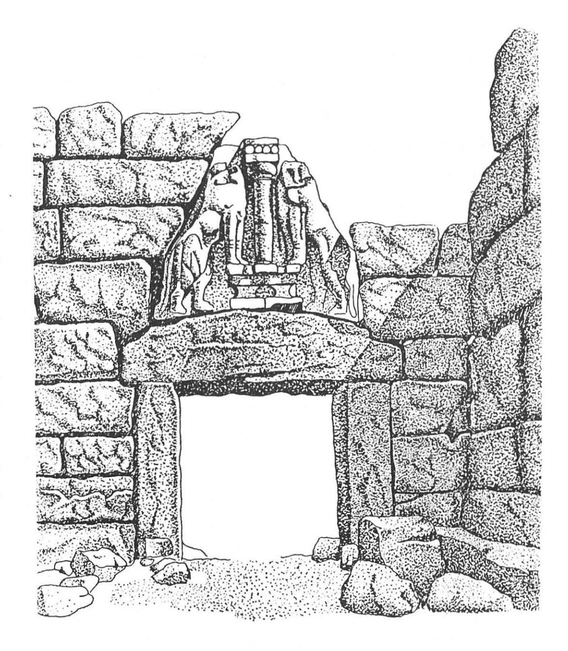


Figura 2
Método medioval de determinar el espesor de los estribos

bién son esenciales para conseguir la belleza formal de la Arquitectura. Hacia fines del siglo XVI, los tratados se especializaron. En España Alonso de Vandelvira y Ginés Martínez de Aranda y en Francia Philibert L'Orme, por citar a los más importantes, publican manuscritos dedicados expresamente a los cortes de cantería, que constituyen un verdadero corpus tecnológico. Ininterrumpidamente, hasta el siglo XVIII, se seguirán publicando este tipo de manuales, casi siempre vinculados a estudios matemáticos (*Compendio Matemático...que comprende Arquitectura Civil, Montea y Cantería* del P. Tomás Vicente Tosca,1712 o *Elementos de Matemáticas. Que trata de la Arquitectura Civil* Benito Bails, tomo IX, 1783).[5] Así hasta la publicación de la Geometría Descriptiva de Gaspar Monge (1798-99), en que la representación diédrica da lugar a una revolución en los métodos gráficos y a un nuevo enfoque de la Estereotomía (término que, por cierto, no aparece en los viejos tratados y que adquiere carta de naturaleza en los franceses, a partir del s. XVIII), más academicista, en el que se consagra definitivamente la geometría como base de la construcción en Cantería.



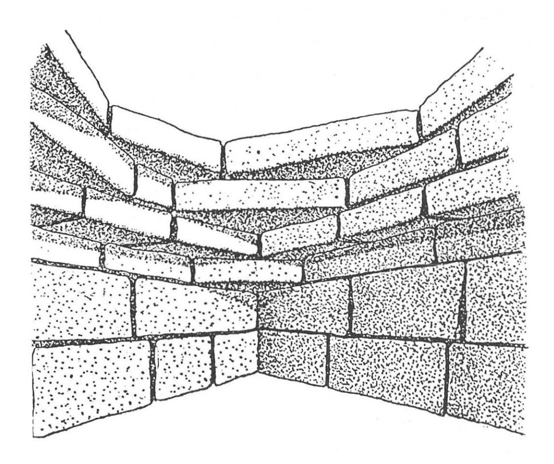


Figura 3
Tesoro de Atreo. Micenas falso Arco (arriba) y bóveda (abajo) mediante voladizos sucesivos. (según Soto Hidalgo)

El dominio del espacio vacío sólo fue posible a partir del desarrollo de la bóveda y la cúpula

La necesidad de cubrir el espacio horizontal se resuelve con estos elementos, de fácil elaboración conceptual pero de compleja e ingeniosa solución constructiva.

El arco y la bóveda fueron concebidos inicialmente como un sistema de voladizos sucesivos, que partiendo de las jambas, iban reduciendo el espacio hasta lograr un vano pequeño que pudiera rematarse con sóla pieza. Existen, gran cantidad de ejemplos de este tipo a lo largo de la historia, desde construcciones prehistóricas como la cueva de Romeral en Antequera, hasta las culturas prehelénicas como Micenas (Tesoro de Atreo) (figura 3) o las culturas precolombinas.

La aparición de la bóveda se vincula a Mesopotamia, cuyas carencias de piedra y madera y abundancia de arcilla y betunes son bien conocidos. El desarrollo, por esta civilización, de un tipo de piedra artificial como la cerámica, que no permite cubrir grandes espacios horizontales con elementos enterizos, obligará a una ingeniosa disposición radial de las pequeñas piezas (adobes o ladrillos) capaz de crear una estructura de superficie activa en estado de laja, es decir, trabajando a compresión. Se sabe que la bóveda era también conocida en Egipto que prefirió, no obstante, la construcción adintelada de piedra

para sus obras monumentales. Precisamente la primera bóveda radial conocida se halla en Hewan,[6] en una tumba hacia el final de la primera dinastía (3000 aC.). Otros modelos de arcos egipcios aparecen en la pirámide de Saqqara (VI dinastía 2350-2200 aC.). El avanzado diseño de las bóvedas de ladrillo en Egipto y Mesopotamia parece evidenciar que dicha técnica se empleaba desde mucho antes, aun cuando no se disponga en el presente de vestigios que permitan confirmarlo.

Las alcantarillas del palacio de Sargón en Korsabad, resueltas con bóvedas montadas mediante yuxtaposición de arcos formados por hojas inclinadas de ladrillos aplantillados, en forma de dovelas con cortes radiales por testa, nos muestran el final de una evolución que, partiendo de la bóveda radial, o de rosca, llegó a definir en cerámica una pieza que sería precursora de la dovela de piedra, fundamental en la Cantería. La yuxtaposición referida transmite las cargas mediante empujes sucesivos de cada hoja a la siguiente hasta llegar al final, donde se necesitará un estribo. En otro caso se requerirá una organización simétrica de modo que, a partir del eje, cada parte del cañón sirva de contrarresto a la otra parte, estableciendo, de este modo el equilibrio. Ese procedimiento evitaba la necesidad de la cimbra,[7] siempre problemática por la citada escasez de madera (Figura 4) La solución precedente distaba tan sólo de los arcos y bóvedas de dovelas el giro necesario para su verticalidad, en los que las éstas transmiten las presiones en el plano vertical. ¿Se habrían descubierto el arco y la bóveda dovelados de no ser por las carencias referidas? ¿Cómo entonces, cuando se inician los grandes descubrimientos, en los siglos XV y XVI, no se encuentran estos elementos en las nuevas culturas, pese al avanzado nivel de éstas?

Es de observar cómo esta técnica, que no permitía disponer bóvedas de grandes luces, obligaba a estancias estrechas y alargadas, como ocurría en los palacios de Mesopotamia, cuya magnificencia espacial sólo era posible con una gran desproporción. Algo parecido ocurrir en construcciones muy posteriores de la arquitectura precolombina, abovedadas con sillares jabalconados que también requieren luces reducidas. En ambos casos el diseño arquitectónico se subordinaba a la técnica constructiva.

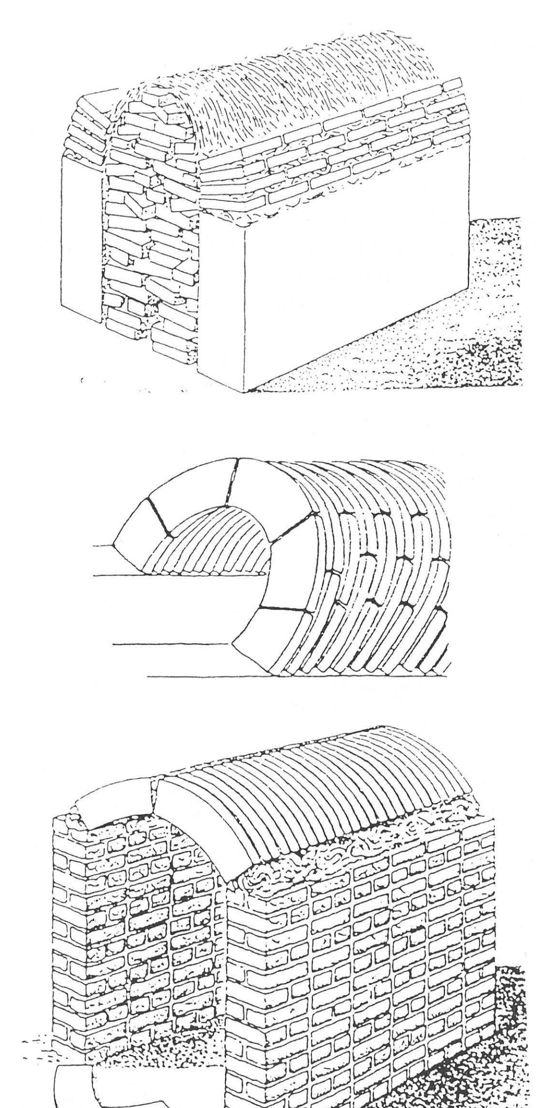


Figura 4
Evolución de la bóveda en Oriente Próximo. Radial (arriba), montada (en medio), Dovelada vertical (abajo) (según vas Beek.)

El dominio del espacio vacío sólo fue posible a partir de las grandes bóvedas y cúpulas de la arquitectura romana. Grecia aportó los cánones y la sistematización científica a la Arquitectura, pero Roma estableció la tecnología y la organización necesaria para su progreso. Gracias a la técnica del *emplectum*

o conglomerado de piedra y cal o puzzolana y al ladrillo, la ingeniería romana desarrolló las grandes bóvedas de cañón (Coliseo), por arista (tepidarium de las termas de Caracalla, con luces de 23 m. y las termas de Diocleciano, entre otras) y, sobre todo, la cúpula esférica, con dos aportaciones paradigmáticas: el Panteón de Roma y Santa Sofía en Constantinopla. En el primer caso se desarrolla una solución nervada con casetones interiores y arcos de descara al exterior (figura 4). En Santa Sofía se resuelven dos problemas fundamentales: la transición de la planta cuadrada a la circular mediante las pechinas y el contrarresto de los enormes empujes de la cúpula mediante nichos esféricos. Geometría de alto nivel.

La cúpula bizantina, en la que se conjugan con tal perfección principios geométricos, constructivos y estructurales, ha sido repetida por la arquitectura cristiana occidental, en infinidad de ejemplos a lo largo de muchos siglos, permaneciendo a través de las distintas épocas y estilos como un modelo no superado.

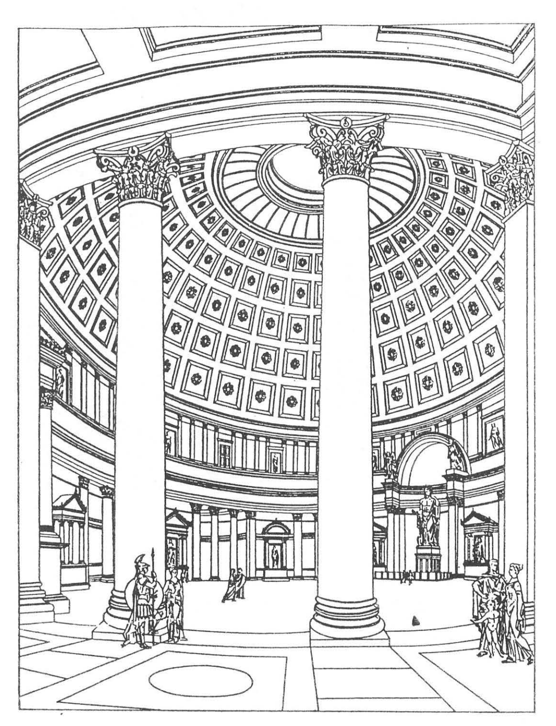


Figura 5
Panteón romano. Cúpula nervada. Dominio de espacio arquitectónico(según Soto Hidalgo)

El nervio y la plementería o el entramado de piedra en la arquitectura medieval

Pero tal vez la conquista más culminante y asombrosa de la Cantería y, por supuesto, de la Construcción y la Arquitectura histórica, sea la bóveda gótica de crucería, que supuso un cambio cualitativo de excepcional importancia al establecer, de modo concluyente, el entramado de piedra. La bóveda por arista, que evoluciona a la nervadura, mediante el grafismo geométrico, supone el paso de la bóveda-muro a la bóveda-nervio (figura 7) y de la estructura de superficie a la estructura líneal (figura 6). Se diferencian claramente, en esta bóveda, las funciones especializadas del nervio y de la plementería. El eventual fallo de un plemento tendrá un carácter local, sin implicar al conjunto estructural, por no ser esencial como antes la continuidad de la superficie sino sólo la del nervio. Se sustituye el viejo muro macizo por el vitral, introduciendo la luz en el espacio interior y el contrafuerte por el arbotante. Así, el nuevo cerramiento, de gran ligereza y desprovisto de función resistente, se independiza de la estructura. Si en la estructura románica el fin es la dispersión de fuerzas, en el gótico se pretende su concentración.[8] Como dirá Otto Von Simpson[9] «En la arquitectura gótica no hay muros, sólo soportes. No hay materia inerte, sólo energía activa. La masa y la carga de la bóveda parecen haberse contraído en una vigorosa red de nervios. Los valores estéticos de la arquitectura gótica son, en un grado sorprendente, valores lineales.»

En la bóveda de crucería la aparente complejidad de los nervios y terceletes propician una gran simpli-

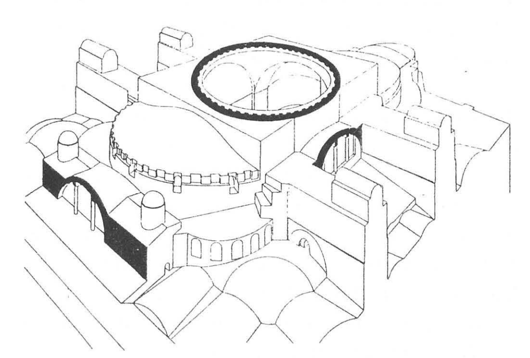


Figura 6
Santa Sofía. Transición de planta cuadrada a la circular y contrarrecto mediante nichos (según Soto Hidalgo)

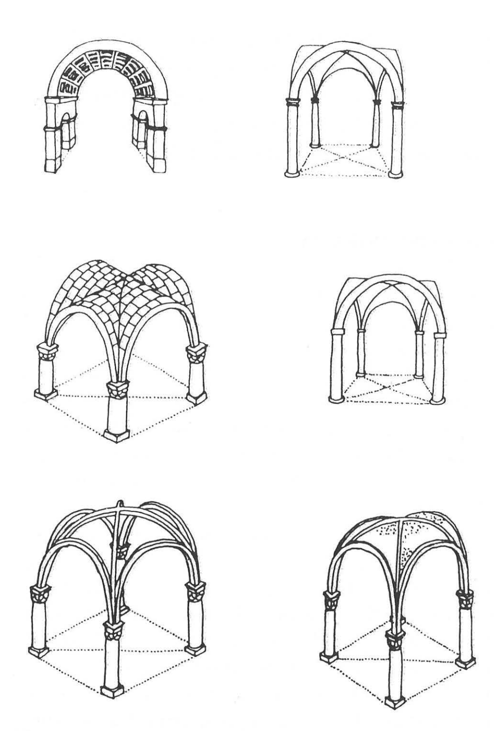


Figura 7
Evolución de la bóveda-muro a la bóveda-nervio

Figura 8
Construcción de bóveda gótica. Según Rodrigo Gil de Hontañón (Simón García. Manuscrito)

cidad. Los nervios son elementos ligeros, fácilmente transportables, que pueden trazarse en verdadera magnitud sobre tarimas construidas en las jarjas o jarjamentos (salmeres de arranque de los arcos) y apoyarse en una cimbra elemental (figura 8), según nos cuenta Rodrigo Gil de Hontañón en su manuscrito.[10] Sobre los nervios se apoyarán, sin necesidad de cimbra, los plementos construidos con piezas ligeras de piedra de labra sumaria (con intradós plano en la mayoría de los casos) o, incluso, resueltos en albañilería, todo lo cual no requiere grandes conocimientos de Geometría y permite emplear mano de obra poco especializada en labores secundarias.

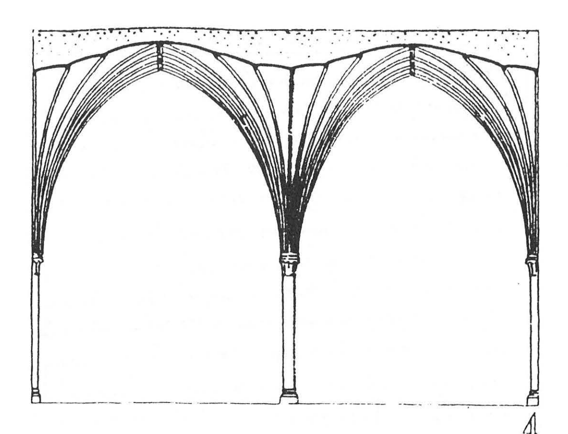
En una fase más avanzada el gótico tardío inglés desarrolla la bóveda de abanico en la que los nervios discurren, sin solución de continuidad, desde la vertical de las columnas hasta la horizontal del techo formando un conjunto único que imita formas de la naturaleza. En este caso, la bóveda no es independiente de la columna y viceversa (figura 9). Ambos son solidarios y crean un nuevo sistema estructural que permitirá, por yuxtaposición, resolver el techo de las grandes abadías y catedrales inglesas. La estructura fungiforme de hormigón armado o las soluciones nervadas de Pier Luigi Nervi, no se diferencian mucho de las bóvedas de abanico. El fundamento mecánico es, en cierto modo, el mismo.

Las soluciones posteriores al gótico en la arquitectura de fábrica no suponen avances importantes en cuanto a tecnología, sino más bien en los planteamientos compositivos. Se alcanza una gran perfección en los trabajos artesanales y, en el Renacimiento, se sistematizarán los conocimientos con la

aparición y difusión de los grandes tratados de Arquitectura, de Cantería o Arte de la Montea y de Albañilería. Pero hay pocas innovaciones porque tales oficios alcanzaron prácticamente la perfección en la construcción medieval de las catedrales.

NOTAS Y BIBLIOGRAFÍA

1. Von Simpson, O. *La Catedral Gótica. Los orígenes de la arquitectura gótica y la idea medieval del orden.* 2ª Edic. española. Alianza Forma, Madrid, 1982.
2. Simonín: *Traité élementaire de la coupe des Pierres, ou Art du Trait,* Paris, 1792, 1874). *Tratado elemental de los cortes de Cantería,* Madrid, traducc. de Martínez de la Torre y Asensio Torres, 1795. Zaragoza, Edic. Facsímil en castellano. Colegio Oficial de Arquitectos s, 1991.
3. Ramos, A., *Sobre la gravitación de los arcos contra sus estribos y sobre el cálculo para la resistencia de éstos* (1723-1782 ?). Manuscrito en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. Publicado en 1992 por la Real Academia y el Colegio de Arquitectos de Málaga con un estudio de la profª. Rosario Camacho
4. Heyman, J., *Teoría, historia y restauración de Estructuras de Fábica.*. Instituto Juan de Herrera. Madrid, 1995.
5. Bonet Correa, A., *Figuras, modelos e imágenes en los tratadistas españoles.* Alianza Editorial, Madrid, 1993.
6. Vas Beek, G. W., *Arcos y bóvedas del Próximo Oriente,* Investigación y Ciencia(Scientífic American). Septiembre de 1987, Pags. 76-84.
7. Vas Beek, G. W., Trabajo citado.
8. Heyman, J., Obra citada
9. Von Simpson, O., Obra citada
10. García, S., (manuscrito 1681) con el título: *Compendio de arquitectura y simetria de los templos*. Edic. facsímil, COA Valladolid, 1990. Basado en el manuscrito de Rodrigo Gil de Hontañón (1540).



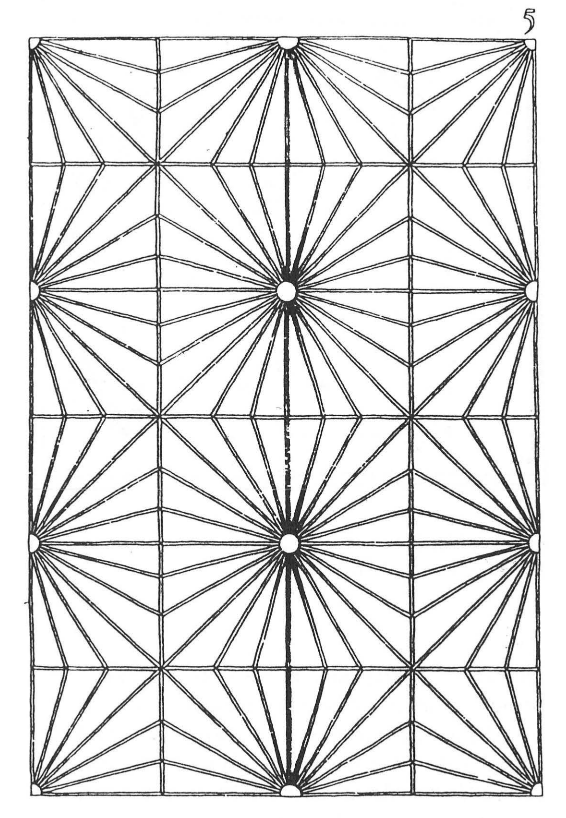


Figura 9
Bóveda inglesa de abanico. Sistema de yustaposición de elementos nervados

Construcción de la casa popular positiva en Alicante

Luis Ferre de Merlo

Dentro de la construcción popular, ocupa un lugar destacado la Casa Positiva ya sea dispersa o agrupada en núcleos rurales porque configura el paisaje de los pueblos y es un elemento clave de nuestra idiosincrasia como país. Nosotros nos ceñiremos a la provincia de Alicante que por su falta de homogeneidad tiene especial interés.

Tanto es así que podemos hablar de una parte húmeda y una parte árida, siguiendo a Lautensach-Mayer, de una zona norte perteneciente a la periferia oriental, de veranos secos y resto del año húmeda, y una zona sur perteneciente a la periferia sudoriental casi siempre seca. Una zona norte semihúmeda y una zona sur semiárida.

Bajo el punto de vista geológico y según Solé Sabarís, nos encontraremos una zona norte de cordillera alpina y terreno calizo, y una zona sur de depresión periférica y terreno arcilloso, todo ello dentro del clima costero de la Región Mediterránea.

Estas componentes geográficas deciden el tipo de explotación agrícola y la forma de enfrentarse el hombre a la naturaleza, así como la elección de los materiales y formación de elementos constructivos que configurarán una tipología local.

Tipo básico: La Alquería

Mientras los tipos arquitectónicos son muy variados, los tipos constructivos lo son menos pues se repiten los modelos en la edificación principal mientras que las variaciones están en las edificaciones secundarias.

El tipo arquitectónico básico es la *Alquería,* citada por El Edrisi en el siglo XII y de origen hispano-musulman, que responde a una construcción de planta rectangular, dos plantas altas y una cámara bajo las pendientes del tejado. Es una casa de labranza que destina la planta baja a la vivienda del colono y locales necesarios al cultivo, la planta piso para vivienda del dueño y la cámara para guardar las cosechas y la cría del gusano de seda.

La alquería está construida con muros de mampostería en dos crujías. Forjado de viguetas de madera y bovedillas de ladrillo. Cubierta a dos aguas con teja curva. Ventanas y balcones con carpintería de madera y rejas de hierro.

A partir de este tipo básico se configuran los tipos comarcales que modifican o adaptan aquel a sus necesidades propias. Utilizaremos el vocabulario local para identificar cada construcción, material o elemento constructivo.

Tipos comarcales

Habitualmente encontraremos un Tipo Alto, de dos plantas y cámara, mas rico, y un Tipo Bajo, de dos plantas o de una planta y cámara, mas modesto. Los ordenaremos de Norte a Sur siguiendo las Comarcas Naturales:

Casa de la Montaña

- Alta o Masía
- Baja
- Baja con *Riu-Rau*
- Baja con *Naia*

Casa con Torre

Casa del Campo de Elche

- Alta
- Baja con *Porchá*

Casa de la Vega Baja

- Barraca
- Baja con *Rancho*

CASA DE LA MONTAÑA

La Masía

Descripción

El *mas, maso o heretat* se establece preferentemente en tierras de secano en las comarcas de la Marina Baja, Valles de Alcoy y Foia de Castalla. Es una construcción del tipo básico levantada en dos plantas y *cambra*, con corral y dependencias anejas adosadas a un lateral.

Construcción

Los muros son de mampostería ordinaria sin enfoscar en las ubicadas en ladera, y enfoscada en las ubicadas en llano, que en algún caso tienen las aristas de esquina de fábrica de ladrillo macizo así como las jambas de puertas y ventanas.

Las vigas que apoyan en los muros son de madera canteadas salvo en la cambra que se cubre con vigas mas toscas o troncos. La tabiquería es de ladrillo macizo enlucido de yeso y como pavimento piezas rectangulares de cerámica. La cubierta es de teja curva que forma un alero apoyando en varias hiladas de ladrillos macizos.

Existen variantes con garitones angulares o un matacán sobre la puerta principal y recercado de huecos de sillería y otra con una cerca de mampostería que rodea un patio con corral. En las de muros sin enfoscar los dinteles están resueltos con troncos y clavos para el agarre del enlucido y para aliviarlos de peso se construyen arcos de descarga.

La casa baja

Descripción

La encontramos en los mismos lugares que la anterior además de quedar algunos ejemplares en el Vinalopó Medio pues al encontrarse muy diseminadas tienen una gran dispersión. Es una construcción del tipo básico, en planta baja y *cambra*, con corral y dependencias anejas adosadas a un lateral.

Construcción

Los muros son de mamposteria ordinaria sin enfoscar, recibida con una mezcla de cal y tierra siendo el resto de la construcción semejante a la masía pero mas modesta.

La casa baja con *Riu-Rau*

Descripción

Este tipo está localizado en las comarcas de El Marquesat y La Marina Alta. Es una construcción del tipo básico, en planta baja y *cambra*, con corral y dependencias anejas adosadas a la parte trasera, y un pórtico cubierto, el *riu-rau*, en cualquiera de las tres posiciones posibles, a saber, incluido en el volúmen de la casa, adosado a las fachadas o exento, que sirve para proteger del mal tiempo a la pasa que se está secando al aire libre.

Construcción

Toda la fábrica es de mampostería ordinaria enfoscada o a cara vista, teniendo alguna esquinas de silla-

rejo. Los muros enfoscados quedan finalmente enjalbegados y los otros se revocan parcialmente.

En la *cambra*, el muro central aparece interrumpido para dejar paso de una crujía a la otra, colocando un cargadero para que apoyen los tablones de madera de cubierta. Sobre ellos va el cañizo y encima las tejas recibidas con alcatifa. Si el vano es grande se adosa una sopanda al cargadero apoyada en jabalcones a ambos extremos.

El *riu-rau* lo forma un pórtico adintelado o en arcada que habitualmente es sencillo pero que puede ser doble o triple según su posición relativa respecto a la casa. Entre el pórtico y la vivienda o entre los pórticos se se construye una cubierta de tablones, cañizo y teja.

Los arcos son iguales y de medio punto, escarzano o carpanel. Estan formados por grandes ladrillos macizos y los pies de mampostería, o con aparejo de mampuestos o de sillares de piedra tosca, que se transforman en las impostas en columnas achaflanadas.

La casa baja con *Naia*

Descripción

La encontramos en la parte mas oriental de El Marquesat próximo a los cabos de La Nao y San Antonio. Corresponde a una variante del tipo básico construida en planta baja y *cambra*, con corral y dependencias anejas adosadas a la parte trasera, y un pórtico cubierto, la *naia*, siempre adosado a la fachada principal y que sirve para el descanso y estancia.

Puede llevar además un *riu-rau* en cualquiera de las posiciones que hemos visto.

Construcción

Es del mismo tipo que en la casa baja con *riu-rau*. La *naia* está formada por una arcada de tres o cinco vanos siendo el central mayor que los otros. En ocasiones sólo se puede acceder al porche por el vano central. Los arcos son como los del *riu-rau*.

Los arcos pueden ser de medio punto, escarzano o carpanel como en el *riu-rau*. El tipo mas sencillo de arcada es de mampostería revocada y enjalbegada. En otros casos se emplea la piedra tosca para formar el intradós del arco y la columna con capitel muy sencillo, quedando el resto de la arcada como el tipo anterior.

Casa con Torre

Descripción

Es un tipo que abunda en la comarca del Campo de Alicante en la zona denominada Huerta de Alicante, encontrándose tambien ejemplares aislados en otras zonas de la provincia. Corresponde íntegramente al tipo básico con la diferencia de estar adosada o incluida dentro de la planta rectangular de la alquería, una torre de vigilancia y defensa del enemigo, de planta rectangular o cuadrada.

Se accede desde la planta piso de la vivienda, que a su vez comunica con la planta baja de la torre, de manera que la escalera une cuatro plantas y la terraza de la torre.

Construcción

La vivienda está construida como el tipo básico con su corral y dependencias anejas adosadas a un lateral. La fachada a veces es de sillarejo y se encuentran arcos hechos con sillares en el cercado y en el zaguan de entrada a la vivienda.

La torre mide entre los 6m y 7m de lado y sus muros entre 1, 20m y 1, 30m de espesor, resutando una forma prismática. En algún caso, la planta baja es algo mas ancha que el resto o con muros en talud y en otros la torre tiene forma de tronco de pirámide.

Pueden estar construidas toda con sillares, o bien con sillares en las esquinas y mampostería en el resto de la fábrica, o sillarejo. La parte mas alta está rematada con pequeña cornisa, o lisa, o con almenas de cantería, remates diversos, garitones angulares o matacanes.

CASA DEL CAMPO DE ELCHE

La casa alta

Descripción

Está localizada en la comarca del Bajo Vinalopó que tiene como centro urbano principal la ciudad de Elche. Responde al tipo básico con dos plantas o dos plantas y *cambra* pero con la variante de tener adosado a la fachada principal un porche cubierto para el descanso con terraza accesible desde la planta piso.

Construcción

El porche está apoyado sobre cuatro columnas de fábrica o piedra con basa y capitel y un viguerío de tablones de madera visto. Está rematado por barandilla de hierro. La cubierta es a cuatro aguas de teja plana o curva. Los huecos presentan recercado color blanco mientras el resto del muro se pinta de color fuerte.

La casa baja con *Porchá*

Descripción

Se localiza tambien en el Bajo Vinalopó y es del tipo básico en planta baja o en planta baja y *cambra*, con patio adosado a la parte trasera y un porche siempre en la fachada como almacén de aperos y lugar de descanso. La cubierta de la casa y la *porchá* presenta dos variantes: de teja plana o en *terrao*.

Construcción

Lo mas característico es la *porchá* que está sustentada por varios pilares de mampostería que sirven de apoyo a las vigas y estas a su vez al viguerío de troncos que queda visto y sustenta la teja o el terrado. El lateral de la *porchá* que da al sur se cierra con tabique en un tercio del frente edificado.

El *terrao* es de *trespol* o terminación a base de mortero de cal sobre ladrillo y cañizo.

Casa de la Vega Baja

La Barraca

Descripción

La encontramos localizada en la comarca del Bajo Segura y su origen está en sus homólogas de las comunidades valenciana y murciana. Es muy probable que el tipo básico o alquería derive del modelo original de barraca grande construida en planta baja y andana o *cambra*.

Las que encontramos en esta comarca son barracas pequeñas de planta rectangular con un dormitorio independiente y el resto para hacer vida durante el dia. Están construidas en una sola planta y al exterior está el horno de pan cocer.

Construcción

Los materiales que se emplean son:la tierra de la huerta para los adobes que se emplean en los testeros, cañas para los tabiques que se enlucirán con yeso, albardín o esparto fino para la *mantaura* o cubierta. A veces los esteros no se construían con adobes, se clavaban en el suelo unos palos de morera, llamados *laeros*, y por la parte interior se cerraba con cañas, las cuales se recubrían de barro y se enlucían de yeso.

Las cañas unidas en haces y atadas formaban la *lomera* o viga de caballete y la *laera* o correa lateral donde se apoyan las *caenas* transversales o tirantes.

Casa baja con *Rancho*

Descripción

La localizamos en la misma comarca, es decir en el Bajo Segura y es un tipo básico de planta baja y altillo con un patio adosado con entrada independiente llamado *rancho* donde se ubican las cuadras, conejeras, cochineras, etc. Procede de la barraca ampliando el espacio y mejorando las condiciones higiénicas y de durabilidad.

Construcción

Los muros se hacían de *atobas* o adobes con barro y paja para darles solidez sobre una base de mampostería de um metro. La cubierta se arma con *colañas* o vigas de madera de 4m por 0, 15m por 0, 10m y otras veces se utilizan rollizos de chopo. Sobre ellas el *cañiso* y despues el *terrao* con una capa de barro.

Actualmente la casa se construye mas sólida pues el muro es todo de mampostería y la cubierta es de teja plana, no se ven las *colañas* pues los techos son de cielo raso, los suelos están enlosados y las paredes enfoscadas.

Bibliografía

Seijo Alonso, F., *Arquitectura Alicantina. La Vivienda Popular.* Tomo I. Alicante, 1973

Seijo Alonso, F., *Arquitectura Alicantina. La Vivienda Popular.* Tomo II. Alicante, 1975

López Gómez y Rossello Verger. *Geografía de la Provincia de Alicante.* Alicante, 1978

García Mercadal, F., *La Casa Popular en España.* Barcelona, 1981.

Feduchi, L., *Itinerarios de Arquitectura Popular Española.* Madrid, 1976

Flores, C., *Arquitectura Popular Española.* Madrid, 1986

Lámperez y Romea, V., *Arquitectura Civil Española de los Siglos I al XVIII.* Madrid, 1993

Castrotorafe (Zamora): conservación y ruina de la fortaleza santiaguista, 1494-1736

Fco. Javier Ferreras Fincias

En el término zamorano de San Cebrián de Castro se encuentra el despoblado de Castrotorafe, villa medieval con fortaleza por la que rivalizaron en la Edad Media monarcas y papado, siendo desde el siglo XII encomienda principal de la Orden Militar de Santiago (figura 1). De 1494[1] son las referencias más antiguas sobre su arquitectura: «entramos en la villa de Castrotorafe, en la qual cabrán bien sy poblada estoviese quatroçientos vesynos poco mas o menos, aunque a la sazón no ay más en ella de quinze vezinos, y con ellos y con los de la tierra con hidalgos y pecheros somos ynformados que ay dozientos çinquenta vasallos. Los muros de la villa están todos aportyllados, y segund fuemos ynformados nos dixeron quel señor Rey de Portogal los mandó derrocar, son los muros de piedra manpuesta e algunos petriles de tapia». El derrumbe del puente que cruzaba el Esla ocasionó su despoblación.

La ubicación estratégica de la fortaleza sobre un emplazamiento irregular controlando el acceso al puente, determinó su planta trapezoidal[2] (figura 2), su doble recinto de murallas con cubos en las esquinas y la torre del homenaje en un ángulo es una disposición típica del castillo señorial en la segunda mitad del siglo XV.[3] El castillo de Valencia del Ventoso construído por la Orden de Santiago desde 1477,[4] si bien no tiene la misma estructura guarda relación con su regularidad general.

La fortaleza está «muy bien reparada y como debe» en 1494, conservándose el foso o cava que rodea los lados Sur y Este de la barrera o falsabraga (figura 4): «entramos en la barrera la qual çerca toda la fortalesa hasya el río e hasya la villa, la qual es muy buena e harto anchos los muros, e harto ancha de muro de piedra manpuesta toda, e algunos petriles de tapia e otros

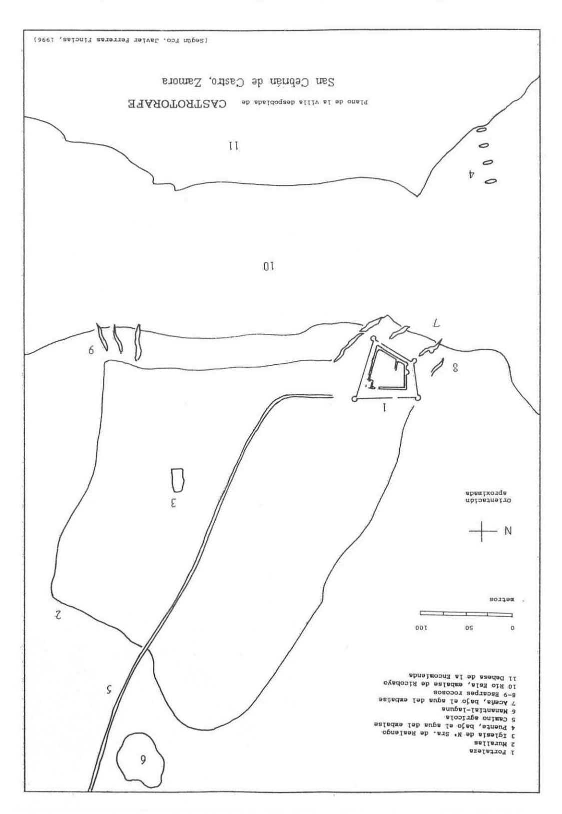


Figura 1

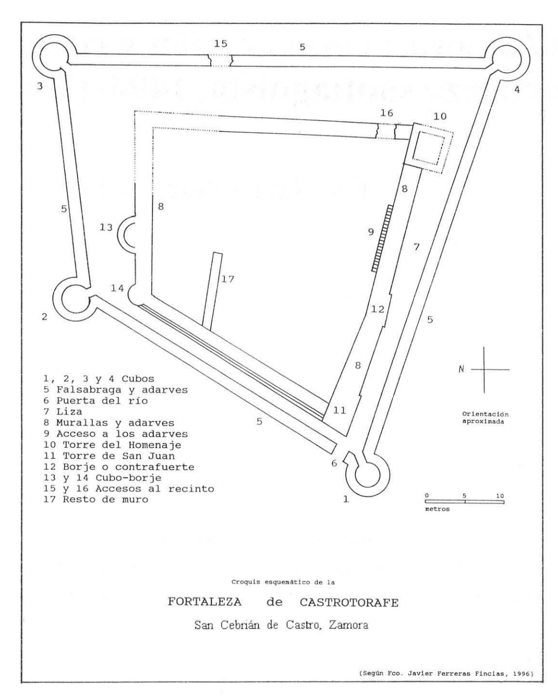


Figura 2



Figura 4

de piedra manpuesta e almenas, tyene a los traveses muy buenos cubos los quales hasen menester, e sus troneras en toda la dicha barrera». El cubo noroeste de la falsabraga conserva una tronera de cantería con su cámara de tiro y parte de una tosca bóveda irregular de horno labrada en cal y canto, difiere de los restos de bóveda de horno de los cubos noreste y sureste que también son de mampuesto, contrasta con las tres, la excelente bóveda de ladrillo del cubo suroeste, que también mantiene labradas en cantería dos troneras con cámara de tiro y la entrada (figuras 7 y 8). La puerta del río es el acceso que mejor se mantiene (figura 9), en una de sus jambas tiene un menchinal para el alamud o viga que impedía el forzamiento y una rangua para el pernio del portón. Perdura al Norte de la falsabraga una tronera y parte de los adarves[5] como en la muralla (figuras 3, 9 y 10). El descostre del mampuesto en uno de los cubos-borje por no estar los materiales anclados al núcleo, indica ser la parte más antigua del recinto (figura 6).

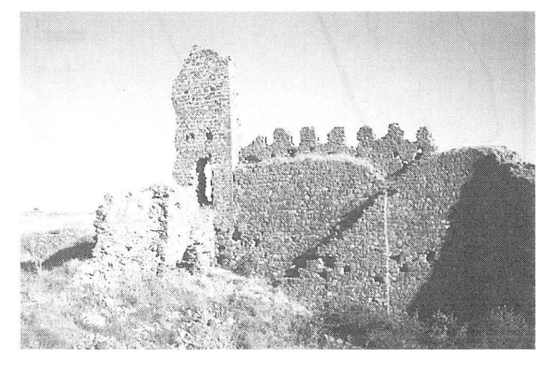


Figura 3

La torre del homenaje (figura 3) con escaleras desmontables de madera permitía controlar las puertas del lado Este, la liza o espacio entre murallas y la escalera de los adarves, en 1501 es descrita así: «a la torre del homenaje suben por una escalera de madera, tiene una puente levadiza a la entrada de la torre, dentro della están dos bóvedas en lo baxo, no syrven de cosa ninguna salvo que para en tiempo de nesçesydad son para thener provisyones; una cámara de madera bien adereçada para el alcayde en tienpo de neçesidad, más alto ay otra cámara de aposentamiento para la gente», estructuras de madera que se repararán después de 1503. A la torre de San Juan (figura 5) también con sillares de refuerzo en las esquinas, se accedía desde los adarves, «es toda maçiça fasta lo alto, tiene su cámara de aposentamiento en lo alto para en tiempo de neçesidad, e tiene su defensyón de saheteras e petril de almenas con su adereço», dominando la puerta del río y el exterior de la fortaleza que da al Esla.

Enrique Enríquez de Guzmán comendador de Castrotorafe desde 1468, levantó su residencia en el lado

Oeste del patio de armas, compuesta por una sala con chimenea y una ventana con reja de hierro que sale al río, a su lado un retrete y una escalera para subir al piso superior, toda en mampostería y cubierta con madera y teja al igual que las cámaras de servicio del lado Este. Lo que permite fijar a la estructura militar de la fortaleza: murallas, cubos y torres, como obra anterior a 1468. Enrique Enríquez haría entre 1499 y 1501 otra *sala* de dos pisos con chimenea en el lado Sur. Casa de la encomienda que siendo comendador de Castrotorafe Pedro Pimentel conde de Benavente, reconstruirá entre 1508, 1515 y 1528: «en la dicha fortaleza está una sala nueva e unos corredores junto con la dicha sala hazia la parte del sol, todo de madera bien labrada, en la qual dicha sala ay una chimenea e una cámara e rrecámara de la misma obra, y en la otra parte de la dicha sala está otra cámara e un rretrete, debaxo de la dicha sala unas cavallerizas en que ay tres cubas, delante de las dichas cavallerizas está a la mano derecha en la qual ay una casa grande



Figura 5



Figura 6

e una despensa, a la entrada de la dicha fortaleza ay un portal bueno, a la mano derecha del dicho portal está una sala baxa encalada, mas adelante está otro cuerpo de casa en que el dicho alcaide tiene bodega,... un quarto questa frontero de la entrada de la dicha fortaleza,... derribado por que desyan que se quería caer... andan los maestros... para tornalle a edificar». Sólo una panera costó 7.620 maravedís en 1515. En 1538 Pedro Pimentel pagaba una multa de 80.000 maravedís por no haber residido en su encomienda, cantidad que se sumaba a los 45.000 maravedís que pagó de la media annata a Carlos I, lo que paralizaría las obras, quedando sin acabar otro corredor alto y bajo, los entresuelos y otras salas, cuyo remate se estimaba en 200 ducados. La construcción de corredores en torno a un patio, es una característica de las casas de encomienda construídas o reformadas por la Orden de Santiago en el siglo XVI.[6] De la casa del comendador queda el resto de un sólido muro y menchinales para las vigas (figuras 2 y 3).

Pedro de Piedrahita vecino de Montamarta y «perito en el arte» tasó en 1604 las últimas obras que se harían en la fortaleza, valorando en 1.250 reales el reparo de la torre del homenaje y la bodega. Ostentaba entonces otro conde de Benavente, Pimentel y Herrera el cargo de comendador, que fue multado con 500.000 maravedís por incumplir durante treinta años sus obligaciones.

Fortaleza de Castrotorafe, símbolo de poder

El acto solemne de la toma de posesión de una fortaleza resultaba imprescindible en la transmisión de

poderes, tras la incorporación del Maestrazgo de la Orden de Santiago a la Corona en 1493, miembros de la Orden recorrieron los castillos y fortalezas santiaguistas para recibir por delegación real, el imprescindible pleito homenaje de todos sus alcaides, tal y como hicieran anteriormente con los Maestres,[7] concediendo a los edificios fortificados un valor especial más allá de la consideración estratégica y militar. «Como si yo mismo lo mandase o fiziese e dixese y defendiese», así concluye la carta de poder que Carlos I dió a los visitadores santiaguistas en 1535,[8] facultándoles para visitar los bienes y miembros de la Orden y para que maestros juramentados vieran el estado de los edificios y tasaran los reparos necesarios para su conservación. Toda casa de encomienda o fortaleza de la Orden en último término pertenece al Maestre, no pudiendo alegar ningún alcaide o comendador posesión ante él.

Castillos y fortalezas fueron las primeras casas que habitaron los comendadores, edificios prestigiosos que tomaron como ejemplo en la construcción de residencias de importancia. Después de la Reconquista el castillo perdió su función defensiva, ofreciendo dos posibilidades como modelo, una de tipo funcional y otra de tipo psicológico, los patios de armas ofrecen una distribución muy apropiada para separar las zonas nobles de los servicios, cualquier personaje importante que pasase por la villa era acogido en la casa de la encomienda, un amplio patio central es la forma idónea para recibir a éstos caballeros con su séquito, los patios son un espacio exterior respecto de la vivienda, que es un espacio interior, por tanto había que dotar al conjunto de otro espacio que hiciera de intermedio, esta función la cumple perfectamente el corredor. Las dos características fundamentales de la casa de la encomienda, su patio central y su torre, son un traslado de dos elementos de los castillos: sus patios de armas y sus torres de homenaje. La torre, psicológicamente símbolo de poder,[9] constituía un elemento fundamental en la arquitectura de *apariencias*, sus fines eran amedrentar y dominar, y de fracasar en estos aspectos, defender e intimidar, la torre del homenaje era un escaparate, por ésta razón el castillo suele concentrar su conjunto teatral más impresionante en el costado que mira hacia la población,[10] tal y como ocurre en la fortaleza de Castrotorafe (figura 4).

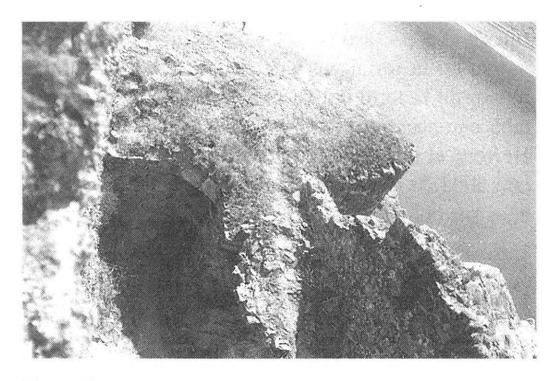


Figura 7



Figura 8

El alcaide Francisco de Treslago efectuó el martes 25 de Noviembre de 1494, y ante la ausencia de su comendador Enrique Enríquez de Guzmán,[11] la entrega de la fortaleza de Castrotorafe a Francisco Martínez de Almaguer y a Alonso de Esquivel, visitado-

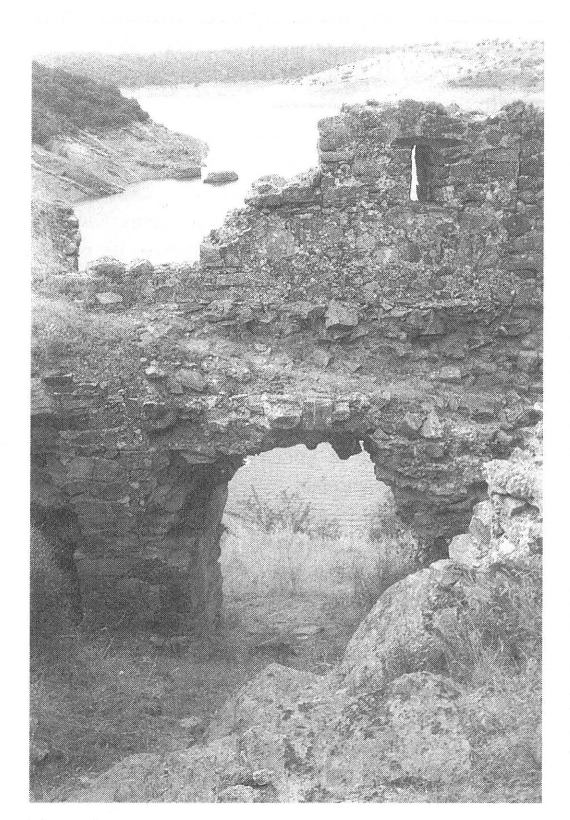


Figura 9

res de la Orden de Santiago por mandato de los Reyes Católicos. El acto protocolario comenzó con la lectura del poder real por parte del escribano del rey y secretario de la visita Juan Quejada, documento regio que el alcaide acató y colocó sobre su cabeza, saliendo a continuación por la puerta de la barrera entregó las llaves de la fortaleza a los visitadores a los que introdujo en la fortaleza de la mano para que tomasen la posesión, propiedad que manifestaban abriendo y cerrando puertas y ventanas, mientras Francisco de Treslago salía del recinto y los esperaba para rendirles pleito homenaje, una, dos y tres veces según fuero y costumbre de España, declarando que tenía la fortaleza por el Rey y la Reina, que *acudiría* con la fortaleza en guerra y paz, y que recibiría en ella a sus reales personas airados o apaciguados entregándola a quien sus altezas mandaran, bajo la pena en que incurren los hijosdalgo que no cumplen el pleito homenaje; una vez concluídas las diligencias los visitadores devolvían las llaves al alcaide. Al *gesto de ofrenda* solían asistir testigos como el mayordomo del comendador, alcaldes, jueces y otros oficiales y *hombres buenos* de la encomienda, además del escribano que lo certificaba.

En esta exaltación de la fortaleza los visitadores también recibían el armamento, el 21 de Julio de 1503 García de Alvarado y Francisco Pujol, recibían del alcaide de Castrotorafe García de Collantes y en ausencia del comendador Enrique Enríquez de Guzmán, «las armas que había traído de su casa, jurando que no había recibido cosa alguna con la fortaleza por que se la dieron toda despojada a causa de las diferencias que había en el reino». Durante la visita de Pedro de Morales y Pedro Fernández de Busto el día 23 de Junio de 1508 y siendo Pedro Pimentel comendador, su alcaide Alonso de Porras les abrió las puertas negándose a entregarles las llaves y a rendir pleito homenaje, llaves que le fueron quitadas a la fuerza en nombre del rey el 16 de Enero de 1515 por los visitadores Alfonso Patiño y Francisco Martínez, echándole fuera de la fortaleza y obligándole a rendir pleitesía, comprobando además que no custodiaba armamento alguno, inexistencia de armas que se repetiría en visitas posteriores como en la de 1528.

Juan Pablo Galiano con título firmado por Felipe V en Aranjuez el 10 de Mayo de 1736 sucedió en el cargo de comendador de Castrotorafe al conde de Bureta, la toma de posesión de la fortaleza la delegó en su apoderado Isidoro Arias, vecino de San Cebrián de Castro, el cual el 13 de Julio y una vez efectuada la descripción de la bienes y rentas de la encomienda por peritos acreditados, pasó a la despo-



Figura 10

blada villa de Castrotorafe y paseándose por la fortaleza puso y quitó piedras de una parte a otra, echando fuera a algunas personas que estaban dentro tomó la posesión quieta y pacíficamente en nombre de su comendador. Previamente al acto de tenencia y por orden dada el 18 de Mayo de 1736 en el Consejo de las Ordenes, se describieron los bienes y rentas de la encomienda de Castrotorafe por los peritos Cayetano de Calzada y Manuel Cavero, vecinos de San Cebrián de Castro, los cuales y segun el apeo general de 1604 declararon que a pesar del abandono de la fortaleza, contaba con *tres castillos*, cuatro muros y la cerca, y el palacio que estaba dentro arruinado de mucho tiempo y que fue de calidad, con seis salas paneras, cocinas, caballeriza, bodega y otras divisiones. Ese mismo día Blas González vecino de la Granja de Moreruela y Juan Álvarez de Santamaría, vecino de San Cebrián de Castro, maestros de carpintería y albañilería, acreditan el estado «arruinado de mucho tiempo, necesitándose muchos caudales para su reedificacion, los que en tan corto tiempo no pudieron tasar». Caudales que nunca llegaron.

La tendencia de los poderosos por identificarse con la arquitectura condujo a la exaltación del emplazamiento, referente abstracto que tardaría en diluirse en contraste con el desinterés por evitar la pérdida del propio edificio. La imagen visual del comendador santiaguista como poder está forjada en origen en la conquista y *posesión del castillo*, referente que permanece unido al cargo de comendador con la misma intensidad aún cuando su dominación era puramente económica, escala de valores pregonada en la decadencia de un edificio construído con razones bélicas por un comendador-conquistador, y arruinado con los criterios económicos de un comendador-administrador. La ostentación de la toma de posesión en ausencia de la mirada del pueblo y en una fortificación arruinada, concibe a la fortaleza no como residencia o defensión sino como garante de poder, superando el significado dado a la fortaleza al estado real y material de su arquitectura. Proclama la procedencia del poder y la supremacía santiaguista, en el ámbito geográfico en que la fortaleza y el enclave solar de toda la encomienda son reconocidos. La fortaleza perpetúa la consolidación de los poderosos actuando sobre las mentalidades, la exhibición de ritos mantenidos en el tiempo certifica la hegemonía de un grupo en la sociedad, rituales que se convierten en condición previa para desempeñar las funciones de *benefactor* con honor, dignidad y decoro, en la fortaleza se identifica la supremacía del poderoso. La exteriorización del ritual es consustancial al nombramiento, es una etiqueta indisolublemente unida al ejercicio de la autoridad, ésta exaltada norma política de la toma de posesión no sería entendida sin la expresión del gesto, no como un adorno superfluo sino como una de las partes que lo forman, aportando crédito al acreedor del cargo, con el objetivo de perpetuar la influencia sobre los sometidos a través de su símbolo de poder, la fortaleza.

Documentación

Documentación de la Sección de Ordenes del Archivo Histórico Nacional:

(año 1494) 1090-C, f147v, f148r-v
(año 1499) 1091-C, f63r-v
(año 1501) 1092-C, f99r-v
(año 1503) 1093-C, f52v a f55r
(año 1508) 1094-C, f96r
(año 1515) 1097-C, f104v a f105r y f138r
(año 1528) 1098-C, f104v y f291v
(año 1538) 1099-C, f1r a f6r, f173r a f176r-v y f177r
(año 1604) 25-C, libro desencuadernado y sin foliar.
(año 1736) Carp. 88, vol. II, n.º 50, 43 folios r-v

Bibliografía consultada

Cabezas, Argüello, L. y Pérez «Castrotorafe o el vestigio de una leyenda» *I Congreso de H.ª de Zamora*. 1989, vol. 3, pp. 209-222.

Cooper, E. *Castillos señoriales en la Corona de Castilla*. 4 Tomos. Valladolid, 1991.

Fernández Duro, C. *Colección Bibliográfico-biográfica de noticias referentes a Zamora*. Madrid, 1981.

Fernández Prieto, E. «La encomienda de Castrotorafe fue la primera sede de los Maestres de Santiago». *Hidalguía* n.º 150 (1978) pp. 877-880.

Garnacho, T. M.ª *Breve noticia de algunas antigüedades de Zamora*. (Edic. orig. de 1878) Zamora, 1979. pp. 55-61.

Gómez Moreno, M. *Catálogo Monumental de Zamora*. Madrid, 1927.

Gutierrez González, J. A. *Fortificaciones y feudalismo en el origen y formación del Reino Leonés, s.IX-XIII*. Valladolid, 1995.

Lomax, D. W. *La Orden de Santiago, 1170-1275*. Madrid, 1965.

Martín, J. L. *Orígenes de la Orden Militar de Santiago, 1170-1195*. Barcelona, 1974.
Mora Figueroa, L. *Glosario de arquitectura defensiva medieval*. Cádiz, 1994.
Morán Turina, M. *La imagen del Rey*. Madrid, 1990.
Núnez Rodríguez, M. «La arquitectura como expresión de poder». *Homenaje al prof. Martín González*. Valladolid, 1995. pp. 205-212.
Olmedo Rodríguez, F. *La provincia de Zamora. Guía geográfica, histórica y estadística*. Valladolid, 1906. pp. 479-483.
Palencia Herrejón, J. R. «Elementos simbólicos de poder de la nobleza urbana de Castilla: los Ayala de Toledo al final del Medievo». *En la España Medieval* n.º 18 (1995) pp. 163-179.
Pinilla, J. «Dos castillos zamoranos». *Studia Zamorensia* nº 1 (1980) pp. 57-65.
Ruiz Mateos, A. *Arquitectura de la Orden de Santiago en Extremadura: la casa de la encomienda. Su proyección en Hispanoamérica*. Badajoz, 1985.
Sánchez Rivera, M.ª L. «La familia Enríquez en la documentación de Mercedes y Privilegios, Ventas y Confirmaciones» *I Congreso de H.ª de Zamora*. 1989, vol. 1, pp. 351-358.
Sevillano Carbajal, V. *Testimonio Arqueológico de la provincia de Zamora*. Zamora, 1978. pp. 245-246.
Zataraín Fernández, M. *H.ª de la villa y tierra de Castrotorafe capital de Castilla la Vieja, León y Galicia*. Zamora, 1897.

NOTAS

1. La documentación consultada está ordenada cronológicamente en correspondencia con los años citados en el texto, la incluímos al final igual que la bibliografía.
2. Módulo de 33x33 m. Gutiérrez González, J.A. p. 52.
3. Cooper, E. vol. 1, p. 38.
4. Ruiz Mateos, A. pp. 20, 117 y ss, 159 y ss, 259 y ss.
5. Una barbacana y un puente de madera que da acceso a la fortaleza con sentido diferenciado a como se describe el acceso a la torre del homenaje, en 1538: «la fortaleza ...es de cal y canto de mampuesto bien labrada, tiene ansi mismo una barrera de cal y canto e una barbacana, e la pared de fuera tiene a la entrada una puente de madera, dentro de la dicha fortaleza a la entrada, está un azaguán...». Puede ser la subida a los adarves de la falsabraga. Concepto que esperamos concretar a través de nuestra Tesis Doctoral.
6. Ruiz Mateos, A. p. 279 y ss.
7. AHN, Estado, leg. 3482[2], expediente sin numerar.
8. Ferreras Fincias, Fco. J. «Viajeros y Libro de Viajes de la Orden Militar de Santiago en 1494», V Curso de Cultura Medieval: *Viajes y viajeros en la España medieval*. Fundación Sta. Mª La Real, Aguilar de Campoo, Palencia (1993). (Actas en prensa). Abordamos distintos aspectos de las visitas de la Orden.
9. Ruiz Mateos, A. pp. 279 y ss.
10. Cooper, E. p. 35-37.
11. Los comendadores a veces descuidaban sus encomiendas. Enrique Enríquez poseía otros cargos: Sánchez Rivera, M.ª L. pp. 351-358.

La tapia valenciana: una técnica constructiva poco conocida

Manuel Galarza Tortajada

Tapias Valencianas se hacen con tierra, medios ladrillos y cal, echando lechos de unos y otra; es obra fortísima

Con estas palabras deja Fray Lorenzo de San Nicolás constancia, en el Capítulo XXXIX de la Primera Parte de su tratado *Arte y Uso de Arquitectura,* de la existencia de una técnica constructiva, al parecer sólo conocida por él por referencias, dada la nula explicación que hace de su proceso constructivo. Sin embargo, afirma con rotundidad que «es obra fortísima».

Aunque los primeros datos documentales pertenecen al siglo XVI, la *tapia valenciana* se utilizó en construcciones autóctonas, de donde adoptó el nombre, con anterioridad al siglo XV, quedando testimonios aún visibles en edificios construidos en aquella época; pero siguió utilizándose hasta principios del siglo actual.

Definición

La *tapia valenciana* es el final de un largo proceso de investigación histórica, yo diría que todavía no superado, sobre las técnicas constructivas de las fábricas que adoptan como material básico la tierra. En ella se consigue, no sólo la necesaria cohesión entre los materiales para garantizar su resistencia y durabilidad, sino incluso un acabado superficial permanente, que permite su conservación sin los necesarios procesos de mantenimiento periódico, a la vez que confiere a la fábrica una superficie de acabado decorativa y estable; y todo eso se consigue con sólo una y única aplicación del material.

Los componentes que intervienen en esta fábrica son los mismos que, de forma separada, componen otras fórmulas constructivas. El elemento básico es la tierra, con la cual se construye la tapia; los otros elementos, utilizados como cohesores o protectores de la masa de barro, figuran también aquí, pero colocados de una forma tan racional que cada uno cumple a la perfección la misión que se le asigna, acorde con sus características físico-mecánicas.

La denominación

El redescubrimiento de la expresión *tapia valenciana* fue, como generalmente ocurre, casual. A mediados de 1983 me habían encargado la restauración —más bien la salvación, porque amenazaba ruina en alguna de sus partes— de un convento de capuchinos en la villa valenciana de L'Ollería. A pesar de estar perfectamente documentada la fecha de su primera construcción (1601), los sucesivos añadidos, rehabilitaciones, guerras y la propia incuria habían llegado a enmascarar totalmente la obra original. Quise documentarme, bebiendo en las fuentes originales, y recurrí al Archivo de Protocolos Notariales del Colegio del Corpus Christi, de Valencia. Este Colegio fue fundado por el Santo Patriarca Ribera, que fue Arzobispo y en alguna época Virrey y Capitán General de

Valencia; también este mismo santo trajo a los capuchinos a su diócesis y fundó de su propio peculio siete conventos; toda la documentación de la época se conserva bastante completa, y consideré podría servirme como base de estudio. No encontré el contrato de la obra que buscaba, ni lo he hallado todavía —tal vez porque no existiera—, pero sí vi recompensada mi curiosidad con el hallazgo de otros muchos contratos de los siglos XVI y XVII, y en ellos encontré el término constructivo de que hablamos.

La descripción de la fábrica, aunque no muy explícita, me dio la suficiente luz como para poderla detectar en las propias obras de las que trataban los contratos. Luego pude darme cuenta que se trataba de un procedimiento constructivo muy generalizado ya en la época, y con el cual se construyeron muchas obras hoy todavía visibles.

Justificación documental

Los principales documentos donde encontré, no ya sólo la denominación sino incluso algunas de sus características técnicas, la expresión de *tapia valenciana* son los relativos a la construcción de nueva planta de la Iglesia de la Casa Profesa de los Jesuitas y el Convento de los Capuchinos, ambas obras en Valencia, y cuyos contratos se firmaron en 10 de Mayo de 1595 y 3 de Marzo de 1597, respectivamente, y con el mismo maestro, Francisco Antón, perteneciente al círculo de artífices cercanos al Patriarca San Juan de Ribera.

> *Jesuitas:* Las paredes de las cluendas de las capillas, que son las paredes foranas (exteriores), an de ser tapiadas de tapia valentiana del principio de los cimientos asta la cubierta de dicha capilla.
> *Capuchinos:* Las paredes de toda la casa del dicho monasterio han de ser de tapia valenciana de dos palmos y medio de gruesso y las paredes de la yglesia y cabo del altar han de ser, a saber, es las de los dos lados donde cargan las bueltas, de la misma tapia valenciana de a tres palmos de gruesso y las paredes del coro, sacristía y capillas de dicha yglesia han de ser de la misma tapia valenciana de tres palmos de gruesso.

Los documentos son lo suficientemente explícitos en la denominación y reiterativos en cuanto a la aplicación de este tipo de fábrica a todas y cada una de las unidades constructivas.

Características Técnicas

He dicho anteriormente que la *tapia valenciana* es la resultante de un largo proceso de investigación, mediante el cual se llegó a incorporar a la construcción del muro todos aquellos elementos que pudieran mejorar, no solo su resistencia, sino también su aspecto exterior, sin descuidar el rendimiento de la mano de obra. Es por tanto el resumen de otras técnicas constructivas.

La sección transversal del muro de *tapia valenciana* adquiere la apariencia del muro de doble hoja romano, o el emplecton griego, con la sustitución de la piedra o sillar de las caras por ladrillo y costra, y el relleno interior de hormigón por tierra apisonada. Su aspecto superficial es el de un acabado que no precisa de ningún tratamiento protector. Es decir, cuando se quitan las puertas del encofrado, el muro queda ya totalmente terminado.

Proceso constructivo

El modo de fabricar la *tapia valenciana* era idéntico al del calicastrado o *costra*, con la única diferencia de que, después de haber apisonado las tierras de cada tongada, se colocaban ladrillos o medios a soga y tizón con su cara pegada a las *puertas,* con la suficiente separación entre ellos como para que, al verter la pasta de cal y la siguiente tongada de tierra, quedasen totalmente embebidos en la misma. Adquiere así la tapia un aspecto exterior como de muro de ladrillo con las llagas y juntas muy anchas y salientes del plano vertical que forman los ladrillos.

La cal, que en el calicastrado aparece como un estucado continuo, queda aquí como reforzando sólo el llagueado entre ladrillos, mientras éstos, debido al movimiento producido por la maza al compactar la tierra, se deslizan un poco hacia el interior del muro, quedando rehundidos respecto al plano exterior del mismo definido por las *puertas*.

Una vez ejecutado el cimiento, según la normativa establecida, se procede a construir el zócalo o puntido, que podría ser de varios materiales:

> *Ladrillo:* Todas las paredes... han de tener ensima de los simientos tres palmos de alto de paredado de ladrillo... y de allí en adelante se han de continuar las dichas paredes hasta la sumidad dellas de tapia valenciana. [Capuchinos].

Costra picada: ...y las primeras tapias sobre el cimiento sean de costra picada. [Jesuitas].
Piedra: En los principios de lo edificar sobre los cimientos... se han de hazer unos pedestrales de piedra picada... [Colegio Corpus Christi].

Se procedía luego a construir la tapia. Una vez colocadas, aplomadas, alineadas y arriostradas las puertas, se iniciaba la operación de llenado y compactado de la tapialada; para ello se seguían sucesivamente estas fases:

a) Colocación junto a la puerta de una ringlera de hormigón.
b) Colocación del ladrillo sobre el hormigón y junto a la puerta.
c) Vertido y apisonado de la capa de tierra de un espesor igual al hormigón más el ladrillo, quedando así enrasada toda la capa.

El compactado se hacía desde el centro hacia las puertas, comprimiendo contra ellas el ladrillo. Una vez compactado el corazón de la tapia, se golpeaba el ladrillo para que asentara sobre el hormigón; este golpeo producía una vibración en la masa que provocaba, por una parte el deslizamiento del ladrillo hacia el interior y por otra el que la lechada de cal recubriese parcialmente el espacio dejado por el ladrillo junto a la puerta. Por esta razón vemos que el llagueado entre ladrillos sobresale más que éstos, que quedan rehundidos respecto a la superficie frontal del muro.

Cuando se quería que la superficie quedase más sellada, con un aspecto pétreo que se podría incluso trabajar posteriormente, se colocaba el ladrillo ya retirado de las puertas, con lo cual el hormigón, con el espesor deseado, quedaba superficial.

Si se pretendía que esta superficie quedase como si fuera un estucado, antes de verter el hormigón se enlucía la tabla de las puertas con pasta de cal, o mejor, un mortero de cal muy rico. Si la tabla era nueva y se había tratado con un desencofrante —cera o aceite— la superficie quedaba como bruñida.

Se comprenderá ahora por qué he dicho que estamos ante un procedimiento constructivo perfecto, puesto que nos da un acabado total con una sola intervención; ya no hay que volver sobre el muro.

Dimensiones

Las dimensiones de las tapialadas varían según los distintos lugares. No obstante, considero que las puertas siempre están en la proporción de 1 de alto por 3 de largo, siendo la unidad de medida la de la zona (*vara, alna,* etc. y sus submúltiplos).

En el caso de la *tapia valenciana,* los documentos nos dicen muy claramente la dimensión de la altura de la tapialada: «Se han de hazer tres hylos de tapia, de ancharia de dos palmos y dos dedos, y dichos tres hylos de tapia han de tener tres palmos y medio de altaria...» [Capuchinos].

En otros casos podemos ver que la altura útil de la tapialada podría llegar a coincidir con el alto de la «puerta», lo cual nos lleva a pensar que podría haber dos dimensiones similares pero distintas. «Se hayan de encaxar los revoltones dentro de las cinco paradas, dexando de lumbre en todos los aposentos veynte palmos de altura». [Colegio Corpus Christi].

La anchura o espesor de la tapia variaba según la resistencia que se le exigía, de acuerdo con el peso que debía soportar. «...Las paredes de toda la casa... han de ser de tapia valenciana de dos palmos y medio... ...y las paredes de la yglesia y cabo de altar... de cinco palmos de gruesso... ...y la de la delantera de dicha yglesia... de tres palmos de gruesso». [Capuchinos].

Remates

Eran conscientes los maestros de las limitaciones propias de la tapia, por eso no sólo la proveían de una protección inferior —el zócalo o puntido—, sino que la dotaban de la necesaria protección en su coronación.

– Encima de las paredes al derredor del texado de dicha iglesia se han de hazer salidas de ladrillo y hiesso. [Jesuitas]
– Que las cubiertas encima de las capillas fornezinas se han de hazer de texado... haciendo por la parte de fuera salidas de ladrillo y hiesso. [Jesuitas].
– Y ensima de la dicha paret se han de hazer dos salidas de ladrillo la una, a la una parte de la paret y a la otra, a la otra y ensima de las dichas salidas se ha de hazer hun cavallón de mortero y medias... [Capuchinos].

Catalogación monumental

Hasta aquí he apoyado todos mis razonamientos en sólo tres monumentos, dos de ellos desaparecidos —la Casa Profesa de los Jesuitas y el Convento de Capuchinos— y el otro —el Colegio del Patriarca— que sobrelleva sus años con mucha dignidad. Ambos tres, como también se ha dicho, son coetáneos. Sin embargo, son muchos los ejemplos que podríamos aportar de otras dignas construcciones, realizadas en *tapia valenciana.*

Murallas de Mascarell

Mascarell es una población que todavía conserva la totalidad de su recinto amurallado. Pedanía dependiente del municipio de Nules, en la provincia de Castellón, remonta sus orígenes históricos al siglo XIII; parece ser que fundan el poblado los moros expulsados por Jaime I de los próximos pueblos de Nules y Burriana.

Las murallas se datan en el propio siglo XIII y se han mantenido en aceptable estado hasta la fecha, por lo cual es relativamente sencillo constatar tanto la técnica utilizada, que fue la que luego se conoció como *tapia valenciana,* como los efectos producidos por intervenciones poco rigurosas. El recinto fortificado se declaró Conjunto Histórico Artístico Nacional del 5 de mayo de 1949.

Ermita de San Roque de Ternils

«La ermita de San Roque de Ternils forma parte del grupo catalogado por D. Elías Tormo como iglesias de Reconquista». Es por tanto una iglesia uninave de planta basilical con arcos diafragmáticos apuntados, prolongados hacia el exterior como contrafuertes, y tejado de madera. Fue el templo parroquial de un poblado hoy desaparecido. Por el «Llibre de Repartiment», de la época de Jaime I, se sabe que ya existía el poblado. Documentalmente sabemos que en 1375 ya se emprenden obras de reconstrucción o adaptación del templo.

Almudín de Valencia

El actual edificio del Almudín de Valencia tiene sus inicios documentales en un privilegio concedido por Pedro II en 1379 para instalar almudín, aunque la ciudad ya disponía de otro anterior, que había quedado insuficiente. Parece ser que la construcción se inicia en 1417.

Monasterio de la Trinidad

El monasterio lo funda la reina María de Castilla, esposa de Alfonso V el Magnánimo. El 9 de junio de 1445 se coloca la primera piedra del conjunto monacal. Hoy sigue habitado por una comunidad de monjas clarisas.

Almudín de Játiva

Documentalmente sabemos que las obras del actual edificio, edificado al lado del antiguo que existía ya desde 1327, comenzaron en 1545, según demuestra el «Conveni e consert fet entre part de la present ciutat de una y mestre Martí Xixalvo, obrer de vila, de una, mestre Joan Ribera pedra piquer de altra sobre la obra del Almodí...». Por la inscripción que figura sobre la clave de la puerta sabemos que «L'obra del present Almodí fon acabada en MDXLVIII».

Al estar el edificio entre medianeras, no conocemos más que la fábrica del muro de la fachada. En ella se aprecia perfectamente que, sobre el zócalo de sillería, se levanta un muro de *tapia valenciana.*

Monasterio de San Miguel de los Reyes

Los orígenes se encuentran en el deseo personal de la virreina doña Germana de Foix, que quiere fundar un monasterio gerónimo para que en él descansaran sus restos. Para ello escoge un lugar en las cercanías de Valencia, en el que existía desde 1381 un antiguo monasterio del Cister. Doña Germana murió en 1535, pero su esposo D. Fernando de Aragón, Duque de Calabria, se empeñó en cumplir los deseos de sus esposa. Para la remodelación de la vieja fábrica, reclamó los servicios de Alonso de Covarrubias y Juan de Vidaña, quienes hicieron las trazas. La primera piedra se colocó en 1548. Las obras duraron más de doscientos años, por lo que, si en su origen podemos considerar el proyecto como «un serio precedente del

mismísimo monasterio de El Escorial», luego fue El escorial que inspiró las trazas del claustro.

Colegio del Patriarca

Así denominado por ser fundación de San Juan de Ribera, Arzobispo de Valencia y Patriarca de Antioquía, quien rigió la diócesis valentina desde 1569 hasta su muerte en 1611. Lo funda como Colegio-Seminario en cumplimiento de las directrices emanadas del Concilio de Trento.

> El Colegio fue instituido el 14 de marzo de 1583 y vio colocada su primera piedra el 30 de octubre de 1586, pero el edificio no se acabó hasta después de la muerte del Patriarca en 1611, ya que las obras de la biblioteca se prolongaron hasta 1615.

Intervenciones poco afortunadas

Algunos de los monumentos que he citado han sido restaurados en los últimos años, y no siempre la intervención, por lo que respecta a las técnicas constructivas, ha sido tan rigurosa como hubiera sido deseable, en unos casos debido al desconocimiento de la fábrica sobre la cual se actuaba, en otros por falta de capacitación de la mano de obra, y en algunos por un desmesurado afán mimético-decorativo; el hecho real ha sido que al poco tiempo los paramentos han iniciado nueva degradación, o la fábrica ha perdido toda su lectura matérico-constructiva.

Tal vez el caso más flagrante, por reciente, sea el de la restauración de las fachadas del Almudín de Valencia, intervención finalizada en este año, donde la tapia valenciana ha devenido, tras la restauración, en una superficie meramente decorativa de escasa valoración constructiva. Centrar toda la restauración en la ejecución de un simple acabado superficial del paramento, saltándose todas las reglas de la buena construcción con ladrillo, y no recuperando la técnica del tapial —de difícil recuperación— es no sólo falsear la esencia de la propia técnica constructiva, sino aniquilar todo el valor cultural del propio monumento.

La construcción de murallas: un aspecto del saber constructivo presente en los tratados de arquitectura militar (siglos XVI al XVIII)

Jorge Galindo Díaz

A lo largo del período comprendido entre los siglos XVI y XVIII se imprimieron en territorio Europeo, al menos 250 títulos diferentes de libros consagrados al tema de la fortificación de plazas y ciudades. Estos libros, los llamados «tratados de fortificación», sirvieron como instrumento fundamental para hacer de la construcción arquitectónica algo más que una simple práctica artesanal: una disciplina del conocimiento. El extenso conjunto formado por ellos es contenedor y transmisor de las argumentaciones técnicas, de los razonamientos constructivos y de las justificaciones operativas que aparecieron, se confrontaron y se transformaron durante ese lapso de años.

En las breves líneas que tengo por delante, intentaré hacer una rápida explicación de esta transformación, valiéndome de uno de los muchos aspectos desarrollados con interés en sus páginas; aquel que despertó en prácticamente todos los autores una natural y especial preocupación: la construcción de murallas, el más antiguo de los elementos de la fortificación, que por la diversidad de sus aplicaciones, no llegó a quedar en desuso una vez superada la tradición medieval, aunque el edificio tomase la forma de castillo, fortaleza o ciudadela. No es de extrañar entonces que Giacomo Lanteri, un temprano autor italiano, incluyese en su tratado una explícita sentencia: «El construir el muro es la principal profesión del ingeniero.»[1]

Ahora bien, es necesario antes aclarar que este proceso de transformación de un saber artesanal depositado en los oficios a un conocimiento codificado y reglado, capaz de ser consignado en las páginas de los libros, se produce en dos niveles: el que concierne a la evolución misma de los conceptos operativos, basados en razonamientos de carácter abstracto y vinculados a juicios de valoración más amplios y generales, y el que tiene que ver con sus aspectos puramente prácticos, es decir, a la manera en que se resuelven técnicamente los particulares procesos co nstructivos. En estas páginas trataré de ir dejando constancia de ambos caminos, inevitablemente ligados y recíprocamente importantes.[2]

De la transformación del concepto de muralla y la solución de sus aspectos constructivos

Es un hecho aceptado que a partir del siglo XV empezó a operar un cambio de mentalidad en cuanto al tema de la fortificación: de un sistema defensivo basado en el amurallamiento circular de las ciudades, se adoptó en el Renacimiento una teoría mucho más compleja inscrita en una sistema global de protección de fronteras de los nuevos estados europeos, en donde los efectos de las nuevas armas de fuego accionadas con pólvora, la destructiva acción de las minas y la valoración de los ángulos de tiro, constituyeron un motor dinámico del pensamiento, capaz de generar unas nuevas exigencias operativas y conceptuales, considerándose todavía hoy al baluarte como su principal y más evidente expresión física.

El concepto mismo de lo que la muralla es y representa para los diversos autores de los tratados de fortificación variará con el tiempo y a través de sus páginas es posible apreciar sus distintos niveles de comprensión: desde el muro simple que envuelve la pequeña villa medieval, hasta un laberíntico conjunto de obras que se defienden entre sí, unas a otras. Una primera señal de esta transformación se advierte curiosamente en el tratado de alguien que como León Batista Alberti, no construyó fortalezas militares. En su *De Re Aedificatoria*,[3] Alberti abandona la clasificación tradicional de los elementos que componen la muralla (torres, cortinas, contrafuertes), tal como lo habían declarado ya Vitruvio y Vegecio —las fuentes clásicas de la tratadística militar—; en su explicación, la muralla es un sistema complejo donde las razones constructivas —a más de las estratégicas— inciden en la forma y la disposición del conjunto.

Pero Alberti no fue el primer tratadista del Renacimiento italiano. Ya en 1472 había aparecido el texto de Roberto Valtuario,[4] seguido de autores como Zanchi, Cataneo, Lanteri, Maggi, o Busca,[5] quienes dedican un buen número de sus páginas a insistir en la utilidad del conocimiento abstracto al que se suma la exhibición del repertorio de formas y soluciones constructivas concretas, evidenciando un esfuerzo por definir los límites propios de su actividad con el claro fin de constituir una disciplina autónoma. Para algunos como Lanteri, «La primera cosa que es necesaria y sin la que no debemos hablar de la fortificación, es la comprensión de la forma, la cual no se puede poseer sin la ayuda de la Geometría...»;[6] lo que complementará Girolamo Maggi diciendo que «Nadie pone en duda, que la fuerza de la muralla consiste más en la forma que en la materia; de tal manera que si ella no se hace con la guía del ingenio del Arquitecto, por gruesa que se haga, y de cualquier clase de piedra, o de ladrillo, que valientemente resiste a los impactos, será inútil ante los golpes de la artillería...»;[7] y sin dejar de hacer tampoco las referencias concretas a la necesidad de hacer los muros siguiendo los preceptos de la tríada vitruviana: «Son tres las principales consideraciones en la obra del muro, como Vitruvio lo advierte, conviene haber guardado la estabilidad y firmeza del edificio frente a la utilidad y al decoro...»[8]

Pero si los tratadistas italianos conceden una justificada importancia a la necesaria relación entre la materia del muro y su trazado geométrico, serán los dos autores españoles de fines del siglo XVI los que intentarán explicar en sendas obras aspectos más prácticos de la edificación de murallas mediante secciones dibujadas en las cuales expresan sus requerimientos constructivos. Cristóbal de Rojas[9] y Diego González de Medina Barba,[10] conciben la muralla como un elemento complejo que busca ser inexpugnable mediante la firmeza del recinto lograda mediante la correcta disposición de los materiales (figura 1).

Ahora bien, si el siglo XVI demuestra un enorme predominio de publicaciones de los tratados de fortificación escritos por italianos, a partir de 1600 tal proporción se ha de invertir a favor de Francia y España. Matemáticos, soldados y sacerdotes configuran la base heterogénea de sus autores: los primeros empeñados en resolver el arte de la guerra mediante principios numéricos controlables, los segundos con un conocimiento directo de los hechos constructivos que les permitía evaluar las soluciones técnicas empleadas y los últimos consagrados a la recopilación de los saberes de su época con el fin de dejarlos atrapados en las páginas de extensas obras enciclopédicas. Para

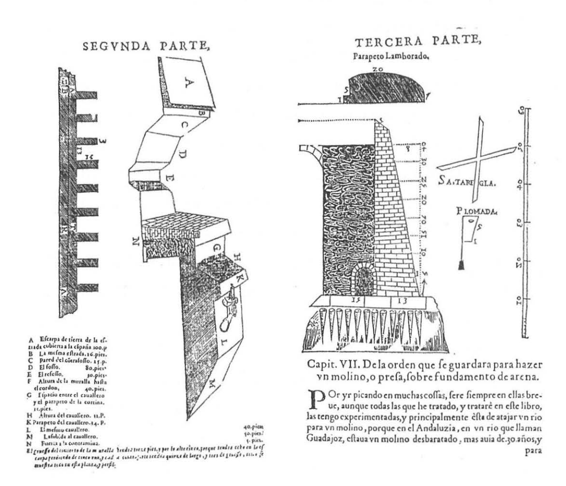


Figura 1
Cristobal de Rojas, *Teoría y práctica de fortificación...* (1598)
Desde Alberti (1485) la muralla de una fortificación se entendió como un sistema en donde todos los elementos se ayudaban entre sí, unos a otros, en los momentos del asedio. La preocupación por la comtemplación de todas sus partes y un intento por normalizar sus dimensiones son también patrimonio de Rojas.
Izquierda: folio 70, perfil del conjunto.
Derecha: folio 96, perfil de la camisa de muralla.

nuestro estudio, son particularmente interesantes los dos primeros grupos: autores como Errard, De Ville, Mallet, Stevin, Marolois, Fritach o los españoles Lechuga, Mut, Cepeda o Larrando,[11] dedican varios apartados a buscar respuestas a los problemas más urgentes relacionados con la construcción de murallas. De acuerdo con su lectura, tales cuestiones son:

– Conformación de una base firme ante los distintos grados de compactación de los suelos.
– Estabilidad frente al vuelco por efecto del empuje de los terraplenes.
– Solidez ante las agresiones de las balas de los atacantes.
– Compactación de los mampuestos (ladrillos, piedras o tepes) y terraplenes para evita la permeabilidad generada por su inclinación.

Las soluciones planteadas comprometían entonces a todos y cada uno de los elementos constitutivos de las murallas:

– Ante las dificultades que planteaban suelos distintos, la cimentación se resolvía como regla general mediante el empleo de pilotes de madera, hincados de tal forma que, dejando salidas sus cabezas, se unían mediante vigas horizontales clavadas a la manera de un «emparrillado» para luego llenar los espacios vacíos mediante revoltones de piedra o ladrillo mezcladas con mortero. Sobre este plano se disponía una capa de lajas de piedra, constituyendo un plano base de donde arrancaban las bases de la muralla y los contrafuertes. Ejemplos de esta explicación pueden verse en Mallet (1672) y Marolois (1614).
– El terraplén o volumen de tierra había de estar compactado constituyendo la masa efectiva de la muralla, siendo los contrafuertes los elementos dispuestos para contrarrestar su empuje hacia el exterior. El terraplén podía consolidarse mediante el empleo de haces de ramas llamados faginas, o de pequeños bloques de césped llamados tepes, que con sus raíces y fibras permitía un aceptable grado de unión entre sus piezas, con la ayuda adicional de pequeñas estacas. El uso de uno u otro material venía dado por las condiciones naturales del emplazamiento y la proximidad del sitio a las fuentes de las materias primas. La ejecución del terraplén constituía sin duda una de las labores más dispendiosas, siendo necesario que el ingeniero pudiese calcular con precisión los volúmenes de tierra a remover, generalmente del foso, para luego transportar y apilar dando forma al terraplén.

En algunos autores se encuentra el eco de viejas polémicas acerca de cuál ha de ser la geometría que deberán adoptar los contrafuertes de la muralla a fin de que demanden la menor cantidad de materiales posibles y sean a la vez más efectivos. Errard (1594), por ejemplo, reclama la necesidad de unir los contrafuertes mediante arcadas, tanto en su plano vertical como horizontal, en tanto que De Ville (1628) incluye un repertorio de diez tipos distintos de contrafuertes (figura 2), explicación que será retomada literalmente por Fournier.[12]

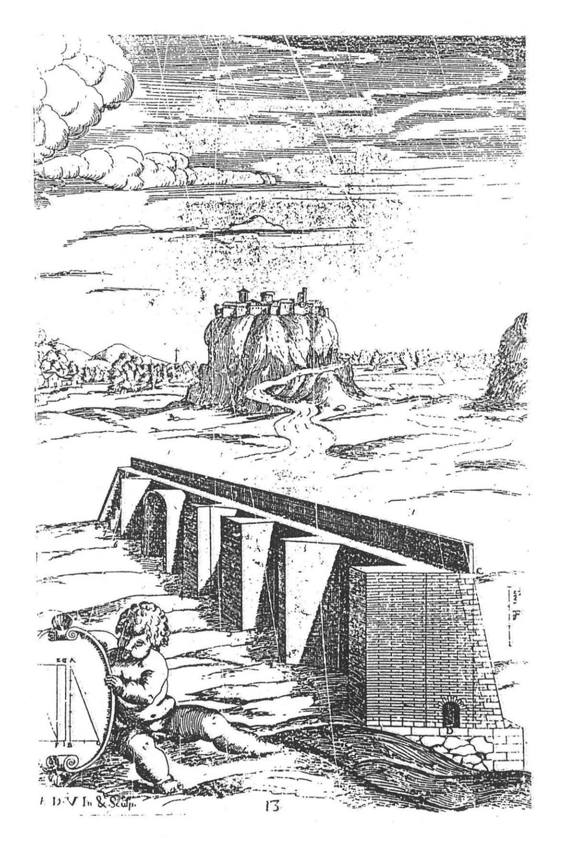


Figura 2
Antoni de Ville, *Les fortifications...* (1628)
También en este autor francés, el dibujo trata de expresar un principio general, no un caso particular; en esta plancha, nos muestra los ocho tipos distintos de contrafuertes de que es posible dotar un muro para asegurar su estabilidad

– El recubrimiento o camisa, era quien protegía la cara exterior del terraplén, pudiendo hacerse de piedras (en piezas pequeñas o en sillares), ladrillos, e incluso tepes y tapiales, y de su unión dependía la permeabilidad del conjunto, la misma que, una vez en el terraplén, esponjaba la tierra produciendo un empuje hacia el exterior que en muchas ocasiones terminaba por volcar el muro.

También acerca del recubrimiento, uno de los temas de mayor polémica entre los tratadistas a lo largo de muchos años será precisamente el de determinar cuál de todos los materiales resultaba más conveniente para su elaboración. Así, algunos defienden el empleo del ladrillo en virtud de su capacidad para fragmentarse en pequeñas y livianas unidades ante los impactos de la artillería, exigencia a la que la piedra respondía con fragmentos de mayor tamaño, y ante la cual la tierra parecía óptima debido a su capacidad de «tragarse» las balas enemigas.

Con el advenimiento del siglo XVIII, los ingenieros militares franceses se pusieron en la tarea de obtener recintos más complejos, dispuestos a la manera de un intrincado laberinto para el enemigo, con el fin de obtener «más tiempo» de resistencia. La «durabilidadde las murallas» se transformó en un intento por minimizar los efectos de la acción de las balas enemigas alejando la artillería atacante mediante un sinnúmero de obras exteriores. Los llamados «Sistemas Vauban», desarrollados por Sebastian Le Prestre, mariscal de Vauban son una clara muestra del nivel de complejidad formal al que llegó la conocida fortificación permanente abaluartada; sin embargo, las preocupaciones de este militar francés alcanzaron también asuntos de orden técnico, poco conocidos debido al carácter de «secreto de estado» que cobijó sus escritos. Sólo hasta 1716 y con la aparición en París del libro de Henry Gautier, *Traité des Ponts*, se harán públicos algunos de los métodos de Vauban para dimensionar el espesor de los muros: un sistema gráfico que el propio mariscal había ido desarrollando con la práctica y que incluso le llevaba a la formulación de una tabla síntesis (figura 3).

La superación de los métodos gráficos como recurso para el dimensionado de elementos estructurales, se planteará sólo en 1729 y gracias al completísimo tratado del también francés Bernardo Belidor, *La Science des Ingénieurs* ..., que con métodos de razonamiento numérico, define un modelo útil en la comprensión estructural de arcos, bóvedas y muros

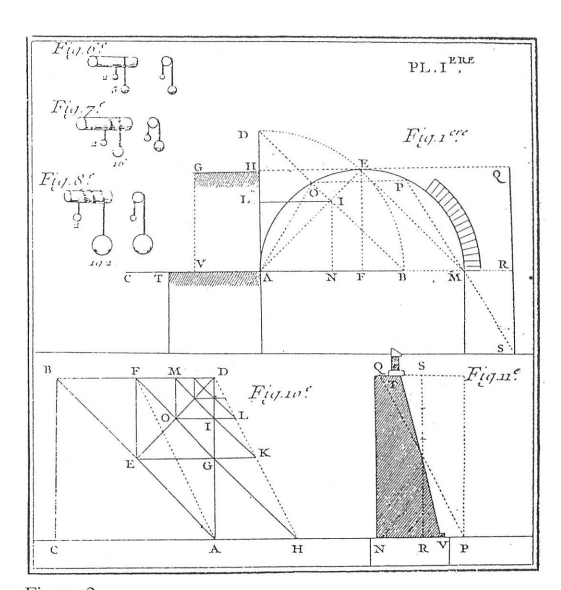


Figura 3
Gautier, *Traité de ponts*... (1716)
Plancha 1: métodos gráfico para determinar dimensiones en los arcos y espesores en los muros de contención

de contención: «Así, para comenzar a seguir el método según el cual me parece que el arquitecto deba ser tratado ... hemos de enseñar en este libro, una nueva teoría para reglar el espesor de los revestimientos de mampostería...»[13] Sus demostraciones serán corregidas y desarrolladas posteriormente en la Academia de Ciencias de París, expresadas en completos tratados que vislumbran que el futuro del quehacer del ingeniero está en la industria.[14]

Sin embargo, con la segunda mitad del siglo XVIII se produce una radical transformación en lo principios de la fortificación moderna: los elevados costos de las obras militares, la reorganización de los ejércitos y las nuevas tácticas de guerra abogan por unos edificios más compactos y austeros, que requieren de los ingenieros soluciones técnicas baratas y rápidas de ser construídas. En Félix Prósperi, ingeniero militar italiano al servicio de la corona española y destinado a las entonces remotas tierras mexicanas, encontramos uno de los primeros autores que reflexiona en tal sentido: «No puedo menos de admirarme en ver que hombres de primer nota estan empeñados en gastar a los Principes cantidades considerables en la erección de unas Murallas, que muchas

veces arruina el peso intolerable de sus terraplenes, quales a fuerza de contrafuertes, que entran en dichas tierras las mantienen en equilibrio...»[15]

A cambio, Prósperi propone una muralla más corta, inclinada sobre el terraplén y acabada en su tercio superior con tepes; mediante una demostración gráfica, concluye que su ejemplo soporta menos peso y vence la misma altura que las murallas convencionales (figura 4). Incluso Prósperi va más allá y sustenta en el libro un completo sistema defensivo basado en su respuesta constructiva. Sin embargo, nunca atendidas sus cartas por el rey de España, Prósperi regresaría a terminar sus días en Europa, dejando en manos del francés Montelembert[16] la tarea de sacar adelante en los ejércitos alemanes los efectos de su novedosa propuesta.

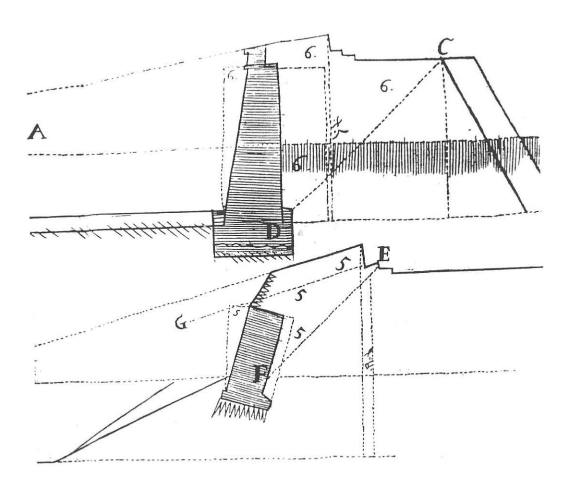


Figura 4
Félix Prosperi, *La Gran Defensa...* (1744)
Detalle de la lámina XXVI: arriba, el perfil A (sección según los «autores modernos»), y abajo perfil B (propuesta de Prósperi)

NOTAS

1. Lanteri, Giacomo: *Duo libri del modo di fare le fortificatione di terra*, Venecia, 1559. Pág. 75: *Il fabricare di muro è principale professione di ingegnero...*
2. Debo dejar constancia que esta ponencia es producto de una investigación mucho más amplia que tuve la ocasión de desarrollar como tema de mi tesis doctoral, leída en mayo de 1996 en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, bajo la dirección de D. José Luis González Moreno-Navarro, y titulada *El conocimiento constructivo de los ingenieros militares del siglo XVIII,* aún no publicada.
3. Alberti, León Batista: *De Re Aedificatoria*, Venecia, 1485.
4. Valtuario, Roberto: *De Re Militari, libri XII*, Verona, 1472.
5. Zanchi, Giovanni: *Del modo di fortificar le cittá*, Venecia, 1554; Cataneo, Girolamo: *Dell arte militare libri cinque*, Brescia, 1584; Maggi, Girolamo y Castriotto, Fusto: *Della fortificatione delle città, libri tre*, Venecia, 1564; Busca, Gabriello: Della expugnatione et difesa delle fortezze, Torino, 1585.
6. Pág. 3: «La prima cosa, ché à colui che siunole dilettare delle fortificationi, fa mestiero, è la cognitione delle forme la quale non si puo vero perfettamente possedere, senza la Geometria...»
7. Fol. 21: «Non è dubio alcuno, che la fortezza della muraglia consiste più nella forma, che nella materia; auuenghi che s'ella non farà aiutata dall'ingegno dell'Architetto con detta forma, per grossa ch'ella si faccia, e di qual si uoglia sorte di pietra, ò di matone, che gagliardamente resiste alle percosse, sarà nondimeno da'colpi dell'artiglieria...»
8. Pág. 113: «A trè principali consideraioi nell'opere di juro come Vitruvio ci avertisce, conviene haver riguardo alla stabilità, et fermezza dell'edificio alla utilità, et al Decoro...»
9. Rojas, Cristóbal de: *Teoría y práctica de fortificación*, Madrid, 1598.
10. González de Medina Barba, Diego: *Examen de Fortificación*, Madrid, 1599.
11. Errard, Jean Le-Duc: *La fortification demonstrée et reduicte en art*, París, 1594; de Ville, Antoine: *Les fortifications,* Lyon, 1628; Mallet, Alain Manesson: *Les travaux de Mars ou l'Art de la Guerre*, París, 1672; Stevin, Simon, *Achitecture von Festugen*, Estrasburgo, 1589; Marolois, Samuel: *Opera mathematica ...*, Den-Haag, 1614/17; Fritach, Adam: *Architectura militaris ...*, Leyden, 1631; Lechuga, Cristóbal: *Discurso en el que trata de artillería, con un tratado de fortificación ...*, Milán, 1611; Mut, Vicente, Arquitectura militar, Mallorca, 1664; Cepeda, Alonso: *Epitoma de la fortificación moderna ...* Bruselas, 1669; Larrando, Francisco: Estoque de la guerra ..., Barcelona, 1699.
12. Fournier, George: *Architetura Militar*, París, 1649. Este autor pertenece al grupo de sacerdotes jesuítas que, interesados en la fortificación contribuirá con su obra a una extensa lista de sacerdotes dedicados al tema; otros son: Siscara, Baltasar: *Compendio de modernas fortificaciones*, Madrid, 1657; Dechales, Milliet: *L'art de fortifier...*, París, 1677; Cassani, Josep: *Escuela militar de*

fortificación ofensiva ..., Madrid, 1704; Benavente, Nicolás: *Conclusiones matemáticas de architectura militar*..., S.L., 1704?, TOSCA, Vicente: Compendio Matemático, Valencia, 1712, entre otros.

13. Pág. 4 del Libro I: «Ainsi pour commencer à suivre la méthode selon laquelle il m'a paru que l'Architecte devoit être tre traitée... nous allons enseigner dans ce Livre ci, une nouvelle théorie pour régler l'eppaisseur des revètemens de maçonnerie...»

14. Véase el tratado de Gaspard Marie Riche, barón de Prony: *Nouvelle Architecture Hydraulique*, París, 1790.

15. Prosperi, Félix: *La Gran Defensa*, México, 1744, pág. 64.

16. Montalembert: la fortification perpendiculaire, París?, 1777/96.

Técnicas constructivas de la arquitectura granadina: el pórtico

Javier Gallego Roca

Esta ponencia dedicada fundamentalmente al pórtico en la arquitectura granadina y su temática, aún siendo específica de un tipo característico de construcción, encierra en su desarrollo lo que, acertadamente, Lambert especificaba como uno de los diversos métodos de estudiar las construcciones, el del análisis y la descripción, que nos permite analizarlas minuciosamente a través de un rigor sistemático y un orden en su aplicación.

El contenido del tema apunta a un claro objetivo: el estudio de los pórticos en la arquitectura granadina y sus técnicas constructivas a través de ejemplos prácticos, que son considerados de gran importancia.

El desarrollo teórico se inicia describiendo el sistema constructivo de los pórticos granadinos, apoyándonos en los estudios más importantes (Torres Balbás, Terrasse, Chueca Goitia, Pavón Maldonado, Lambert...), y destacando diversos aspectos: sus tipologías, materiales, innovaciones, comportamiento estático, sistema estructural y una cualidad común en todos ellos: la fragilidad de su construcción.

En cuanto a su estructura hay dos tipos principales: el pórtico propiamente dicho, utilizado frecuentemente en patios abiertos, y la otra aplicación de éste tipo de arquitectura porticada —articulada— que consiste en distribuir el patio de un edificio cúbico, formando un patio cubierto. A continuación se hace especial mención de la arquitectura de la ventanas gemelas, que no son más que arcos de un pórtico de enjuta llena embutidos en el vano de un arco de descarga.

Resulta del método de análisis y descripción de las tecnologías constructivas de la arquitectura porticada granadina que ésta, por lo que atañe a la construcción, tiene defectos graves de hecho, producto de fabricar a la ligera y con malos materiales, pero no de sistema. Si se exceptúan algunos elementos constructivos, cuyo genuino material es el yeso, todo el resto se podría construir con materiales costosos y resistentes sin desnaturalizar, ni aún alterar, en lo más mínimo el carácter propio del estilo.

Las técnicas constructivas de la arquitectura granadina, considera Terrasse, utiliza únicamente unos materiales que se caracterizan por su fragilidad: el ladrillo, la madera, el tapial o la argamasa; la piedra esculpida queda para uso excepcional, salvo bajo la forma de mármoles decorativos. «Palacio elevados en cuatro maderos», ha juzgado un poco desdeñosamente Pietro Vives, «pobres materiales que la magia ha transformado en obras de arte», ha dicho García Gómez. Es el reto de la arquitectura granadina, la falta de consistencia, de solidez. En suma lo que tratamos de analizar en ésta lección, son las técnicas constructivas del pórtico, ésta arquitectura peculiar, que aún desprovista de ornato y prestigio, sigue siendo una arquitectura en el sentido estricto de la palabra.

Recapitulación

Justificado así la elección de este trabajo, por su importancia y la creciente actualidad científica, en los

proyectos de restauración,[1] de las técnicas constructivas tradicionales, creo necesario a modo de introducción, recapitular algunos conceptos.

Es evidente que no podemos hablar de la arquitectura granadina, sin referirnos a los pórticos tan frecuentes, en sus soluciones constructivas, durante la época islámica. En las casas construidas en Granada poco después de su conquista por los Reyes Católicos, se encuentra casi siempre el salón tras el pórtico del patio, con su gran puerta de hojas dobles girando en torno a quicialeras de madera de sencillo perfil y sobria decoración. Es característica común de este tipo de viviendas, en las que se mezclan formas góticas con hispanomusulmanas, tener planta alta, de importancia no acostumbrada en las islámicas. Pero obsérvese bien —como apunta Contreras—[2] «siempre la misma planta, el origen morisco, un principio clásico de sencillez y en torno los pórticos», objeto de esta ponencia (reflexión).

Esta exposición trata de llevar a la práctica los conocimiento adquiridos, a fin de especificar la puesta a punto de una metodología operativa, asimilable para la búsqueda de soluciones y la recuperación sistemática de los caracteres de los pórticos granadinos.

La dificultad de esta lección estriba en que sus componentes teóricos necesariamente se completan con una ejercitación directa, a través del estudio «in situ» de estas construcciones, en el curso del cual ésta metodología se ordena y prácticamente es experimentada.

Por consiguiente, si el tema de fondo para las intervenciones es «sabes para intervenir», esto es lo que abordamos en el desarrollo de esta lección.

Introducción

Como acertadamente especifica Lambert,[3] «entre los diversos métodos de estudio de los monumentos, se destaca, el método *analítico* y *descriptivo*, que permite estudiar minuciosamente las construcciones, a través de un rigor sistemático y un orden invariable en su aplicación».

Este mismo método es aconsejado por casi todos los teóricos de la restauración y coinciden en que «para conservar y proteger nuestros monumentos hispanomusulmanes hace falta una clara comprensión de la evolución histórico-artística».[4]

Por ello vamos a centrarnos en uno de los elementos más característicos de la arquitectura granadina: el pórtico; y vamos a comenzar, como recomendaba Lambert, aplicando como método de estudio de un monumento: el *análisis* y la *descripción*.

Toda la historia de la arquitectura tradicional granadina podría, sin duda, referirse a los innumerables pórticos construidos por los arquitectos y maestros de obras que intervinieron en las construcciones hispanomusulmanas. En Granada hay pórticos de varias clases que, probablemente se usaron también en tiempo del Califato (figura 1).

Pero no fue solo aquí donde influye este tipo de construcción arquitectónica. Esta influencia la revelan muchas de las construcciones de Fez como la de la Medersa Attârin, que se diría tiene carácter granadino, de la misma forma que otros detalles arquitectónicos responden igualmente a estas maneras de concebir los espacios porticados.[5]

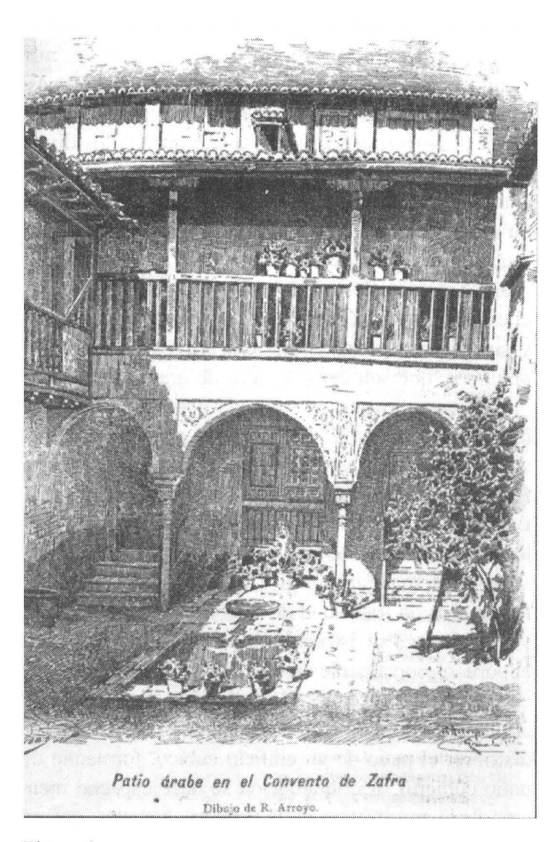


Figura 1
«Patio árabe en el Convento de Zafra», publicado en la revista *La Alhambra* (1901), dibujo de R. Arroyo

Es lo que Chueca Goitia[6] ha venido a denominar con el nombre de pantallas arquitectónicas, asignándoles un papel preponderante en la formación del espacio islámico. Lo cierto es que esta tipología constructiva: los pórticos formados por delgadas columnillas de mármol finísimos, fue el tipo preferido, aún en la Granada post-islámica y se siguió usando en la Andalucía renacentista y barroca, dando lugar a lo que Chueca considera el «orden andaluz», y que muchos historiadores conciben como una arquitectura de «extremada fragilidad».[7]

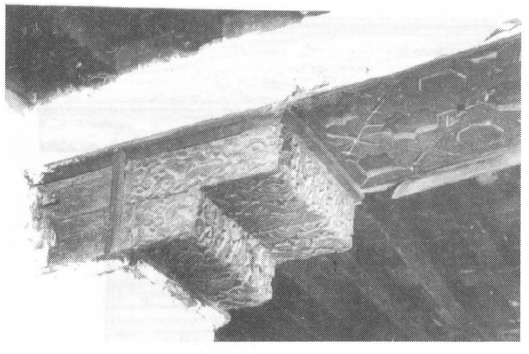


Figura 3
Pilar, zapata y dintel de las galerías del patio del Maristán

Tipologías de pórticos

El tipo más sencillo de pórtico se refiere a un modelo anterior a las combinaciones del soporte aislado con el arco y a la adaptación de la columna romana. Consta de pies derechos con zapatas por capiteles y de arquitrabes de madera cuya tensión atenúan las zapatas (figura 2 y figura 3).

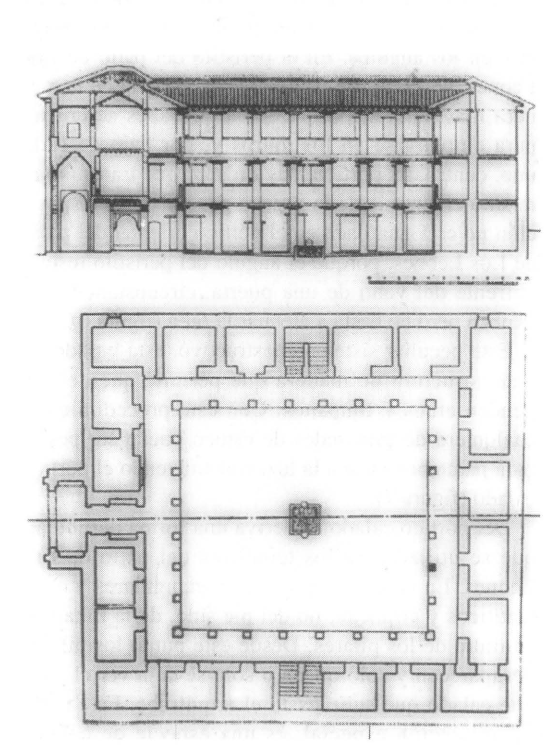


Figura 2
Planta y sección del Corral del Carbón

Los pies derechos son de material duro en los pisos bajos para que la humedad no les dañe y pueden ser de madera en los altos. Los primeros tienen la planta cuadrada y achavada los segundos, por ser forma de mayor resistencia para las vigas verticales. Este tipo de pórticos, se conserva en el Corral del Carbón,[8] pero existen obras afines donde se ven empleados el pie derecho, la zapata y el arquitrabe.[9] (figura 4 y figura 5).

El segundo género de pórticos es, en lo esencial, idéntico al que inventaron los cordobeses: las diferencias proceden del empleo de materiales distintos. Los granadinos sobrepusieron los pilares a las columnas y fabricaron arcos en cadena como los arquitectos del califato, pero en vez de construir otros arcos sobre los pilares, para recibir las techumbres, colocaron en su lugar arquitrabes de madera.

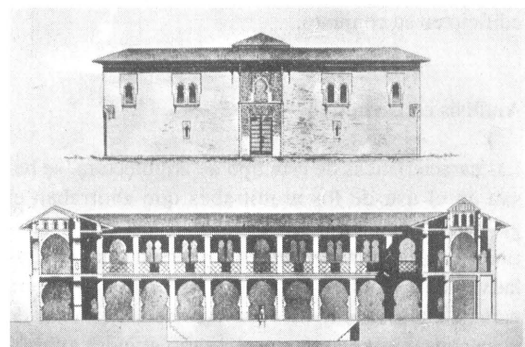


Figura 4
Alzado y sección del Maristán, según dibujos del arquitecto Enríquez

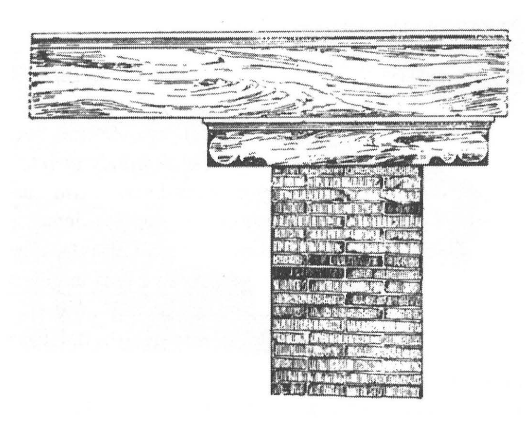


Figura 5
Pilar, zapata y dintel de las galerías del patio de Maristán

De grandes consecuencias fue esta innovación, porque sustituyendo la carga pesada y elástica del arco con la inerte y ligera del arquitrabe, fue posible aligerar la construcción entera de una manera extraordinaria con grandísimo ahorro de material y tiempo.

Bien es cierto que estos pórticos, empleados solo en formar cenadores o cerrar peristilos y sobre los cuales no habían de pesar más que techos y cornisas, o bien terrados, de poca extensión, no requerían grandes resistencias.

El presente análisis quiere sintéticamente exponer la peculiaridad de estos tipos de pórticos, y poner en evidencia algunos aspectos de su comportamiento en relación al sistema constructivo y al esquema estático que los constructores granadinos adoptaban para el edificio en su conjunto.

Análisis constructivo

Las características de este tipo de arquitectura, se basan en el uso de los arquitrabes que ahorraban el gasto de material duro de los arcos superiores e inferiores, las cimbras de fuerte estribación y la obra relativamente lenta de las roscas de ladrillo. Por otra parte, siendo los empujes laterales de las cadenas de poca consideración, no era necesario grandes gruesos murales para resistir sus resultantes.

Esta circunstancia, en opinión de Camón Aznar,[10] es la que hace que en este tipo de construcción, los muros en general tienden al poco espesor, siendo su material principal la tapia, construcción de piedra y argamasa mediante un molde, en vez de mampostería.

Cuando los pórticos llevan pisos sobrepuestos, y estos van murados, como el pórtico del Patio de los Leones, que sostiene unos miradores, la fábrica está concertada, en este caso, con mayor precaución, pues los miradores descansan sobre columnas dobles, pilares reforzados, un arco de enjuta llena y arquitrabes especiales que reciben los muros de travieso.

Por más que los pórticos calados estén hechos para soportar pesos leves, hay ocasiones en que los pilares deben sostener doble carga, en tal caso, los pilares son de mayor planta y descansan sobre columnas pareadas. Esto sucede cuando hay arquitrabes transversales destinados a mantener algún cuerpo superior, como los referidos miradores del patio de Los Leones, o a reforzar a trechos su techumbre y de paso trabar fuertemente el pórtico con el muro para mayor seguridad.

También se agrupan las columnas, cuando resultan en contacto los pilares sobrepuestos, como por ejemplo, en los ángulos. En el peristilo del patio de Los Leones, las columnas angulares se agrupan de la manera más natural, porque los arquitrabes se cruzan para empotrarse en los muros y, por bajo de cada uno, dentro del pórtico, hay un arco que transmite al mismo el empuje de la cadena general. Esta disposición no está guardada en el pórtico oriental del patio de Los Leones, porque el ángulo del peristilo resulta enfrente del vano de una puerta, circunstancia que explica pero no basta a atenuar la falta (figura 6).

Este peculiar sistema constructivo, está basado en una estructura de madera que permite que de ella penden arcos y tímpanos. Con este procedimiento, cualquiera de esas redes de estuco puede ser perforada para abrir paso a la luz, constituyendo el pórtico calado (figura 7).

Del pórtico calado se deriva una forma particular, que se utilizó para los templetes del patio de Los Leones. En ella los ángulos son triangulares y estalactíticos y arrancan, no del pie sino, de la mitad de la altura de los pilares. Desde este punto los pilares desaparecen y solo queda o solo se deja ver el tabique calado que sube hasta el arquitrabe. Esta obra, de aplicación especial, es una especie de celosía sostenida por columnas y destinada a estrechar el hueco entre dos pies derechos muy distantes, ya de

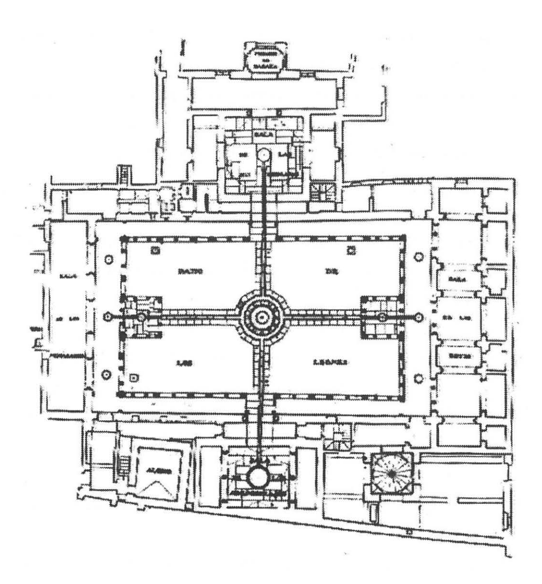


Figura 6
Agrupamiento de columnas en el Patio de los Leones

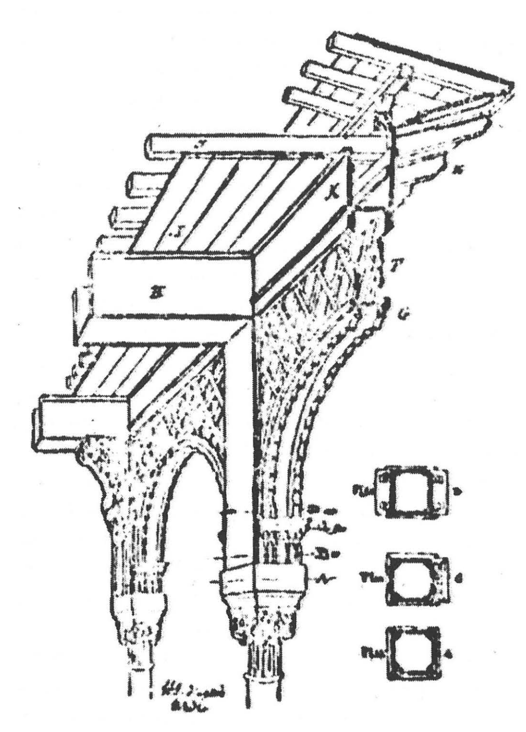


Figura 7
Estructura de los pórticos del patio de los Leones

un pórtico, al modo que se ve en los templetes del patio de Los Leones, ya de una puerta, como sucede en las entradas de la Sala de la Justicia.[11] (figuras 8 y 9).

Otra aplicación de este tipo de arquitectura, que llamaremos articulada, consiste en distribuir el interior de un edificio cúbico, formando un patio cubierto. El patio cubierto permite dar suma variedad a las plantas. Es regla constantemente observada, que los corredores formen un cuadrado en cuyos ángulos se levantan los pies derechos, porque el patio cubierto viene a ser como la representación del tipo fundamental arquitectónico que sirve de norma a la distribución de la planta.

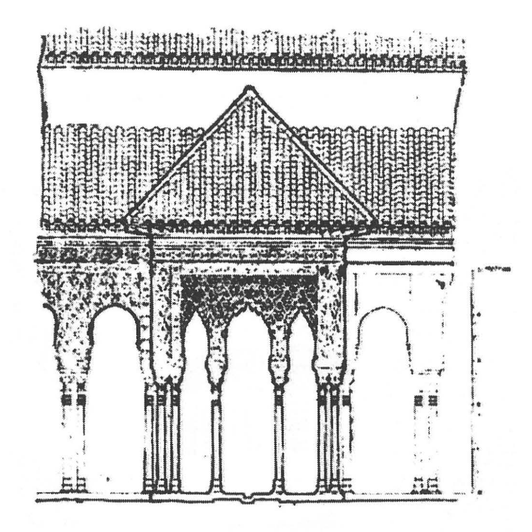


Figura 8
Pórtico de tabique calado y ángulos triangulares de templete del Patio de los Leones. Dibujo

La fábrica de los patios cubiertos, en general, puede ser de madera o mixta. En la arquitectura granadina, casi siempre es mixta y está hecha con gran descuido. Empleando este tipo de construcción un espacio reducido, los arquitectos confiaron en la resistencia de los pies derechos y arquitrabes y no tomaron —aunque sí las indicaron en la decoración— las precauciones que hubieran sido menester en edificios de mayor tamaño y que habrían ocasionado mayor gasto de material y de tiempo (figura 10).

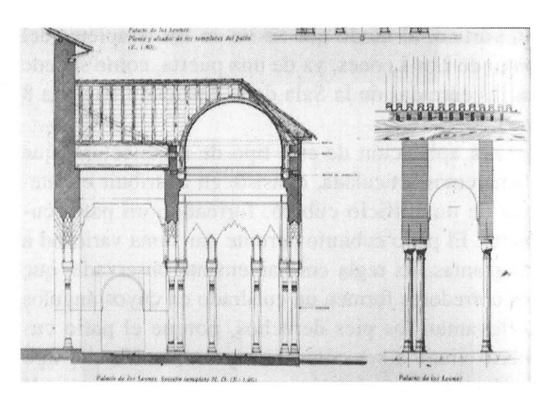


Figura 9
Sección Patio de los Leones. Arcos estalactíticos de pilar perdido en templete del Patio de los Leones

Según su tipo normal, los patios cubiertos debieron estar formado de pies derechos de planta cuadrada, como los de la torre de las Infantas, o de forma de escuadra como los que se ven en las casas moriscas del Albaicín, producidos por la combinación de tres cuadrados y de arquitrabes apoyados en las correspondientes zapatas, los cuales ligasen a los pies derechos entre sí y con los muros.

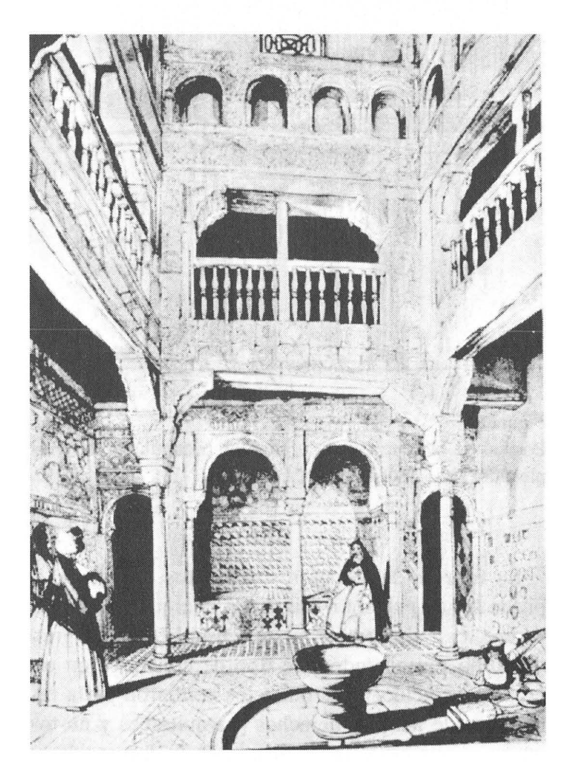


Figura 10
Alhambra. La Sala de las Camas en (1833-1834) según un grabado de Lewis

El cuerpo de luces, o linterna, descansando en gran parte sobre los arquitrabes debía ser un tabique ligero sobre el cual corriera el solero de la techumbre sostenida por los pies derechos.

En realidad no se ve nada de esto; en general los pies derechos son columnas porque parecían soportes más dignos de las estancias regias; pero como el capitel mohometano está hecho para recibir arcos y no arquitrabes, nunca se atrevieron a colocar estos inmediatamente sobre los ábacos, sino entre unos y otros pusieron una zapata, cuyas prolongaciones laterales son fingidas.

La combinación de la columna con la zapata es viciosa, porque resultan dos capiteles sobrepuestos. Las zapatas usadas en la arquitectura granadina son, interiormente, pilares de mayor planta que el capitel, con arreglo a la construcción en salida y sobre las cuales descansa el arquitrabe. La costumbre de añadirles salientes fingidas procede, de no poderles colocar verdaderas zapatas por debajo de las vigas que penetran en los muros, sino en casos de necesidad y preparando la construcción al efecto.

En muros de argamasa cabe embutir un solero sobre el cual descansan las vigas. El muro admite sin inconveniente la incrustación de un madero paralelo a sus paramentos, que casi puede considerarse como una cadena, pero la argamasa no tiene la consistencia suficiente para resistir, sin peligro de agrietarse, la penetración de un madero de punta, a no ser que traspase el muro de parte a parte. Por esta razón, las zapatas necesitarían un pilastrón de ladrillo que las sostuviere, como el que hay en las fachadas, sobre el cual las ménsulas o zapatas del alero descansan. Para ahorrar la construcción de semejante pilastra, los constructores suprimieron la zapara, siempre que la tensión de las vigas era poco considerable, pero indicaron con una forma decorativa que debía haberla, De aquí sin duda, la costumbre de hacer las zapatas ornamentales.

Los pies derechos, desde el segundo cuerpo arriba, tienen comúnmente la planta en forma de escuadra y por lo general se apoyan sobre los arquitrabes mismos que, se cruzan, se traban en ángulo sobre los pilares que sirven de zapatas.

En todo este análisis que acabo de exponer, en torno a las tecnologías constructivas de la arquitectura granadina, merecen especial mención añadir la arquitectura de las ventanas gemelas que no son más que arcos de pórtico de enjuta llena embutidos en el vano de un arco de descarga.

La misma aplicación tienen en las puertas los pórticos de arco calado, ya en su forma original, como se ve en el palacio del Generalife, o ya en su forma derivada, esto es sin pilares sobrepuestos, visibles a lo menos, como sucede en las puertas de la Sala de la Justicia.

Por lo común, los arcos de las ventanas son dos y los de las puertas, tres. Es muy posible que también se empleasen para estrechar los vanos de las puertas arcos de enjuta llena.

Estos mismos arcos de enjuta llena se emplearon para marcar la división de la alcoba que solía haber en las habitaciones rectangulares.

Las ventanas gemelas no eran visibles por fuera de los edificios habitables porque las tapaban las celosías voladas. La mayor parte de las enjutas de los arcos, y aún las caras de los capiteles que miran al exterior, en muchos casos, están sin adornar, lo cual prueba que pegada a ellos estaba la parte interior de la celosía.

Consideraciones generales

Resulta de lo dicho, al reflexionar someramente, sobre las tecnologías constructivas de la arquitectura granadina, que ésta por lo que atañe a la construcción tiene defectos gravísimos de hecho, producto de fabricar a la ligera y con malos materiales, pero no de sistema.

Si se exceptúan algunos elementos constructivos, cuyo genuino material es el yeso, todo el resto se podría construir con materiales costosos y resistentes, sin desnaturalizar, ni sin alterar, en lo más mínimo, el carácter propio del estilo y menos introducir elementos nuevos.

Si la arquitectura granadina se empleara sin otro atavío que sus formas puramente constructivas, conservaría su integridad. En suma, lo que importa reconocer, sin entrar en comparaciones, es que la construcción granadina, aún desprovista de ornato y prestigio, sigue siendo una arquitectura en el sentido estricto de la palabra. Terrasse,[12] se refiere a ella como un tipo de arquitectura que usa únicamente unos materiales que se caracterizan por su fragilidad, el ladrillo, la madera, el tapial o la argamasa; la piedra esculpida queda para un uso excepcional, salvo bajo la forma de mármoles decorativos. «Palacios elevados con cuatro maderos», ha juzgado, un poco desdeñosamente, el historiador Pietro Vives, «Pobres materiales que la magia ha transformado en obras de arte», ha juzgado García Gómez. Este es el reto de la arquitectura granadina y las técnicas para su restauración: la fragilidad.

Notas

1. Doglioni, F., Gabbiani, B., *Metodologia per la conoscenza analitica del manufatto edilizio per il controllo tecnico-culturale dell'intervento di restauro*, Venezia, Istituto Universitario di Architettura de Venezia, 1985, pp. XVII-XVIII.
2. Contreras, R., *Estudio descriptivo de los monumentos árabes de Granada, Sevilla y Córdoba*, 2ª Edición, Madrid, 1878, p. 155.
3. Lambert, E., *Etudes Mediévales*, Vol. III, Tolouse, Privat-Didier Editeurs, 1956, p. 13.
4. Fernández-Puertas, A., «La protección y conservación de los monumentos hispanomusulmanes y sus problemas específicos», *MEHA,* XXXII-XXXIII, (1983-1984), p. 203.
5. Kuhnel, E., *Die Islamiche Kunst*, Leipzig, Alfred Kröner Verlag, 1929, pp. 482-484.
6. Chueca Goitia, F., *Invariantes castizos de la arquitectura española*, Madrid, Seminarios y Ediciones S.A., 1971, p. 60.
7. Martín, H., *L'art musulman*, Deuxième Edition, París, Librerie d'Art R. Ducher, 1926, p. 49.
8. Torres Balbás, L., «Las alhóndigas hispanomusulmanas y el Corral del Carbón de Granada», *Al-Andalus,* XI (1946), Madrid, pp. 447-480.
9. Torres Balbás, L., «El Maristán de Granada», *Al-Andalus,* XI (1944), Madrid, pp. 481-498.
10. Ahlenstiel-Engel, E., *Arte Arabe*, Traducción y notas José Camón, Barcelona, Editorial Labor S.A., 1927, pp. 57-58.
11. Pavón Maldonado, B., «El Cuarto de Leones», *Estudios sobre la Alhambra II, Anejo II de Cuadernos de la Alhambra,* Granada, Patronato de la Alhambra, pp. 33-60.
12. Terrasse, H., *Manuel d'Art Musulman*, París, 2 Vol., Editions Auguste Picard, 1926 y 1927.

El sistema de bóvedas tabicadas en Madrid: de Juan Bautista Lázaro (1849-1919) a Luis Moya (1904-1990)

Javier García-Gutiérrez Mosteiro

La práctica de las bóvedas tabicadas, —como es sabido, de importante tradición en España[1]— alcanzó en Cataluña, a finales del XIX, un brillante momento en que, con la incorporación de nuevos materiales (ladrillo hueco y rasilla, elementos metálicos para el contrarresto de empujes, mejoras de los morteros), se constituyó como sistema constructivo de grandes posibilidades, que se abría a nuevas concepciones arquitectónicas y que alcanzaría de inmediato insospechados horizontes en territorio español y aun fuera de él.[2]

Así y todo, estas renovadas expectativas del uso de bóvedas tabicadas no llegan a desarrollarse plenamente en nuestro siglo, debido —en mayor o menor modo— a la sistematización de las estructuras de hormigón armado. Salvo casos aislados, sólo en momentos específicos —como los períodos de escasez de materiales en la postguerra— se reparó en la ventaja económica que este procedimiento constructivo podía reportar en muchos casos.

En este I Congreso de Historia de la Construcción, que propone estudiar las prácticas constructivas de los diferentes momentos abarcando el proceso completo de la construcción (materiales y modos de disposición, medios auxiliares, organización social del trabajo), interesa aportar la secuencia —hasta ahora, no estudiada como tal— de la implantación y singular desarrollo del sistema de bóvedas tabicadas en Madrid; para ello proponemos dos nombres de arquitectos que acotan precisa y significativamente el intervalo: Juan Bautista Lázaro y Luis Moya. Aquél, el introductor y *propagandista* del procedimiento *a la catalana* en Madrid, a finales del XIX; y éste, el que lo retoma tras la Guerra Civil y lo lleva a un sorprendente extremo que pertenece ya a la historia de la construcción española de este siglo.

Juan Bautista Lázaro de Diego (n. 1849, t. 1874, m. 1919) fue arquitecto destacado en la renovación de los usos constructivos que se operaron en el panorama madrileño de las últimas décadas del XIX;[3] por encima de su encasillamiento «neomedievalista», Lázaro —desde una marcada defensa de la razón constructiva de la arquitectura— se implicó especialmente en el debate forma-construcción del momento.[4]

Lázaro, que —en sus muchas intervenciones como restaurador de importantes monumentos del Medioevo[5]— había alcanzado un profundo conocimiento de los oficios tradicionales, supo conjugar tradición constructiva e innovación, adquiriendo —y así fue reconocido entre sus contemporáneos— una sobresaliente condición de *constructor*.[6] En Madrid, donde levantó la mayor parte de su obra (que generalmente llevaba él mismo por el procedimiento de administración), fue el introductor de nuevas técnicas constructivas;[7] pero fundamentalmente —y al caso de esta comunicación— interesan sus investigaciones en ladrillo,[8] en particular las bóvedas tabicadas.

Con motivo de las obras de la Exposición Universal de Barcelona de 1888 —en las que su compañero de carrera Domènech i Montaner tenía importante participación—[9] realizó Lázaro una estancia en esta

ciudad, lo cual sería decisivo para su carrera profesional así como para el inmediato devenir de los usos constructivos madrileños; en Barcelona conoció la práctica de bóvedas tabicadas y el innovador sistema constructivo que luego sería llamado —desde Madrid— «a la catalana».[10]

Ya en Madrid, y con la ayuda de algunos maestros albañiles que había traído de Cataluña, transformó por completo los métodos tradicionales, operando una «verdadera revolución en el arte de construir madrileño».[11] Así, Cabello y Lapiedra —en los comienzos del XX— señalaba:

> Lázaro, como constructor, ha sido el que de una manera más franca y decidida rompió con las rutinarias prácticas arraigadas entre nosotros, aboliendo los entramados e introduciendo la fábrica de ladrillo en las construcciones como estructura principal combinada con el hierro, (...) y adoptando como sistema el aparejo llamado catalán, que él implantó en la corte.[12]

A este respecto resulta significativo cotejar las memorias constructivas de dos de sus proyectos para casas de pisos en Madrid, inmediatos anterior y posterior a la toma de contacto con los constructores catalanes, que describen de modo palmario el abandono del sistema tradicional madrileño (de grandes espesores, combustible y atacable por humedades e insectos) por la construcción *catalana* (ligera y de materiales *duros*). En la primera aún mantiene «(...) fábrica de ladrillo recocho en sus muros de carga, entramados los interiores, suelos de maderos forjados con botes de barro, armadura de par y picadero, (...)»;[13] en tanto que en la segunda ya prevé que «(...) tanto las traviesas interiores de carga como los tabiques divisorios serán de fábrica sin entramar y en los pisos y armaduras se emplearán viguetas de hierro laminado forjando con bovedillas tabicadas».[14]

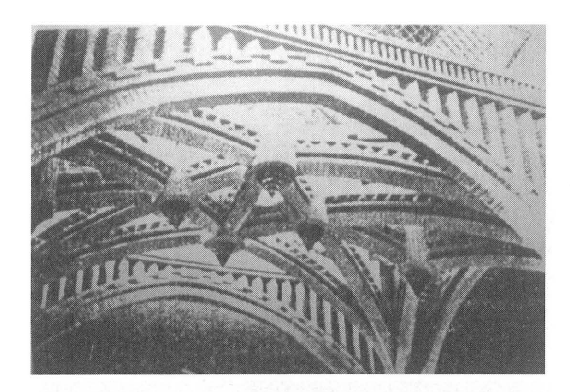
Pero no es la práctica de los *revoltones*[15] que Lázaro empezara a imponer en las casas de pisos en Madrid lo que más interesa al caso: su múltiple trabajo en arquitectura religiosa[16] le posibilitó una dilatada y singularísima línea investigadora en torno a las bóvedas tabicadas. Interesa muy particularmente destacar el punto de inflexión que —con la introducción de abovedamientos ligeros a base de rasilla hueca— marcó en la arquitectura madrileña en ladrillo, constituyendo en este material una estructura coherente entre bóvedas y paredes de carga. Lázaro desarrolló con rapidez la técnica de las bóvedas tabicadas (que —como superficies continuas y homogéneas, una vez fraguadas— diferían en su comportamiento de las que dependen de la estereotomía de sus elementos);[17] y consiguió, con un aprovechamiento total de la estructura, unos muy reducidos espesores de bóveda.[18]

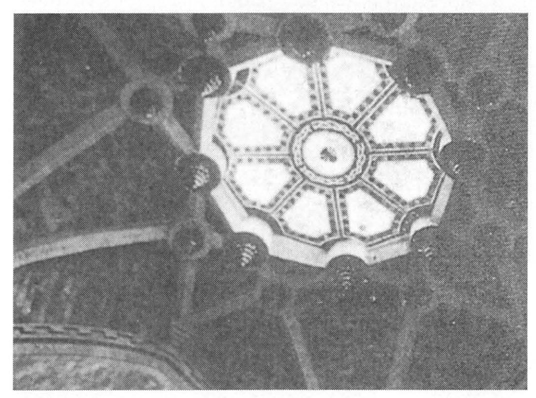
Los inopinados logros técnicos de sus bóvedas de rasilla serían, sin embargo y en un primer estadio, ocultados por el revestimiento del obligado lenguaje neomedievalista. El afán de racionalidad constructiva de Lázaro, que, por otra parte, quedaba bien de manifiesto en los exteriores de sus iglesias, parecía quedar comprometido o, cuando menos, velado en los interiores de las mismas. La innovadora técnica constructiva, con alta maestría en el oficio de albañilería —presentando unos magníficos acabados—, reclamaba ser *revelada*[19] y no jarreada con estucos que imitaban despieces de sillería.

Así no tardaría Lázaro en alcanzar las últimas consecuencias de la aventura constructiva que había emprendido, logrando el acuerdo final entre forma y estructura: en la capilla del asilo de San Diego y San Nicolás (1903-1907) (figuras 1 y 2) las bóvedas tabicadas y los elementos estructurales no se ocultan ya con revestimientos interiores; aquí llega Lázaro a exhibir, persiguiendo el «mejoramiento racional de la construcción»,[20] la lógica explícita de la técnica del ladrillo.

Mas allá del aparente «neomudejarismo», el juego del material visto de las bóvedas —nervadas y, en algún caso, caladas— alcanzó en esta obra un raro virtuosismo en el manejo del material, coronando el largo proceso de perfeccionamiento llevado a cabo por Lázaro: un salto definitivo en la evolución —iniciada décadas antes por Rodríguez Ayuso— de la arquitectura madrileña en ladrillo. Habrían de pasar muchos años para que otro arquitecto —Luis Moya— retomara, con renovado ímpetu e intuición constructiva, sus enseñanzas: tras la desaparición de Lázaro[21] sus discípulos continuarían muchas de las líneas avanzadas por el maestro, pero no la que impulsaba la experimentación con bóvedas tabicadas, cuyo vigor inicial se fue extinguiendo en paralelo al rápido crecer de la nueva técnica del hormigón armado.

Sin embargo, hay que notar que sí persistió —pudiéramos decir que por vía subyacente— el *oficio* adquirido por los albañiles madrileños. El éxito del sistema implantado por Lázaro en Madrid había





Figuras 1 y 2
Asilo de San Diego y San Nicolás (1903-1907). Detalles de las fábricas vistas del interior de la capilla

requerido con rapidez una mano de obra especializada, así los maestros albañiles venidos de Cataluña tuvieron que formar a muchos jóvenes aprendices, que pronto alcanzaron una singular maestría de oficio que pervivió mucho tiempo en el ámbito madrileño.[22]

Esta calidad alcanzada en el oficio de albañilería no se aprovecharía enteramente hasta que, en los años que siguieron a la Guerra Civil, la escasez de hierro y cemento —que hacía especialmente costoso el hormigón armado— favoreció que muchos arquitectos volvieran la vista a las prácticas tradicionales. De entre ellos caso absolutamente singular es Luis Moya, que —lejos de adaptarse con displicencia a las obligadas restricciones del momento— se entregó con verdadera fruición a la práctica del sistema de bóvedas tabicadas, ampliando su uso e investigación más allá de la penuria económica de la postguerra.[23]

La producción arquitectónica más significativa de Luis Moya Blanco (n. 1904, t. 1927, m. 1990) es la que —abarcando los años cuarenta y cincuenta— yuxtapone la semántica del lenguaje clásico a la tectónica de los sistemas abovedados.[24] La recuperación del uso de bóvedas tabicadas que emprende Moya se entiende no sólo desde los condicionantes económicos de aquellos años sino también, y muy expresivamente, desde su declarada opción por una idea de arquitectura que —separadamente a los derroteros seguidos por el Movimiento Moderno— fuera capaz de reforzar el vínculo entre forma y construcción, tal y como se produce en el sistema abovedado.[25]

El conjunto de viviendas en hilera (figura 3) que construyó para la Dirección General de Arquitectura en 1942, en el barrio madrileño de Usera, constituyó un auténtico prototipo en el que pudo experimentar las ventajas del sistema de bóvedas tabicadas. El bloque está constituido por doce bóvedas iguales —cilíndricas rebajadas— en la planta baja, y otras doce iguales —de generatriz inclinada— en la superior;[26] el experimento dio buena cuenta de lo rentable de adosar un cierto número de bóvedas iguales —que contrarrestan sus empujes entre sí— y limitar los siempre costosos contrafuertes a los extremos del bloque, sin empleo de tirantes metálicos o de madera. El esquema constructivo consigue una total conexión entre la forma arquitectónica y su estructura.[27]

Simultáneamente, en las obras de reconstrucción

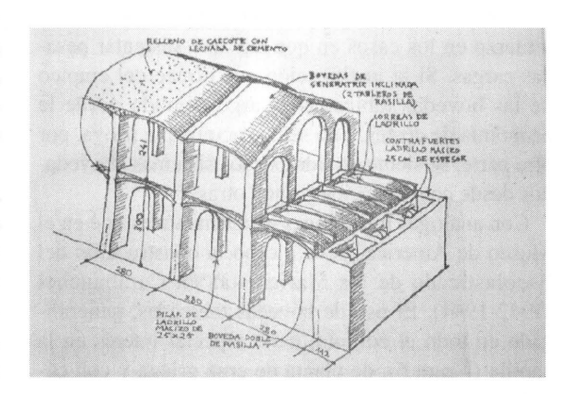
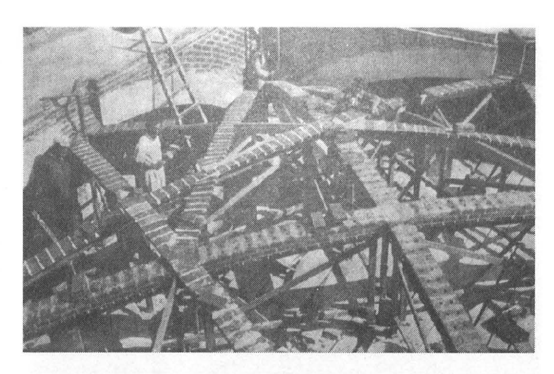


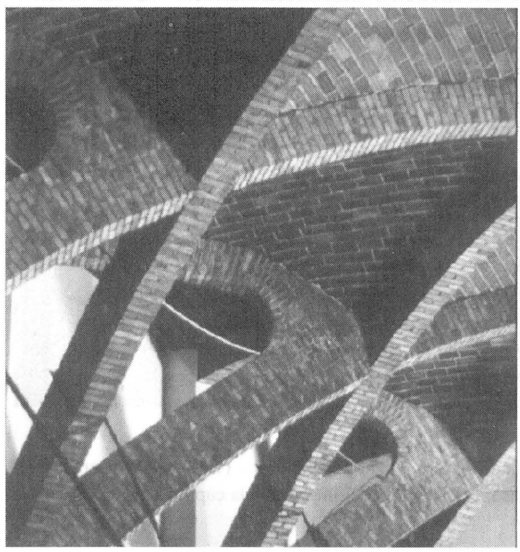
Figura 3
Casas en el barrio de Usera (1942). Esquema constructivo del sistema de bóvedas cilíndricas que se contrarrestan entre sí hasta los contrafuertes extremos (en L. Moya: *Bóvedas tabicadas*, 35)

del hospital de la Mutual del Clero y de la aneja iglesia de los Dolores (1941-1945), en la calle de San Bernardo, tuvo la oportunidad de enfrentarse a un singular ejercicio con bóvedas tabicadas. El edificio había resultado muy dañado en los años de la guerra, manteniendo sólo las paredes de carga y siendo necesario recuperar todas las techumbres; el hecho de la diversidad e irregularidad de espacios a cubrir permitió a Moya ejercitarse en un amplio repertorio de superficies, y entre ellas el tema central que desarrollaría recurrentemente a lo largo de su carrera: la cúpula.[28]

La construcción en esos mismos años del Museo de América —por Moya y Luis Feduchi— adquirió un carácter emblemático en cuanto al uso de las bóvedas tabicadas: no era ya el «experimento» de Usera o la reconstrucción de unas techumbres; se trataba de un gran edificio de nueva planta —en la Ciudad Universitaria— en el que se empleaba sistemáticamente este *nuevo* procedimiento constructivo.[29] La complejidad del proyecto permitió que Moya prosiguiera sus investigaciones acerca de una gran variedad de abovedamientos,[30] que supuso todo un alarde en la recuperación del oficio de albañilería al que nos hemos referido (la excelente mano de obra de albañilería todavía existente en Madrid posibilitó que la experiencia fuera un éxito, consiguiéndose unos impecables intradoses en que la rasilla —en muchos casos— se dejaba vista con magnífico resultado) (figuras 4 y 5). Particularmente, y por lo que luego supondría en posteriores obras de Moya, son de destacar las bóvedas de arcos cruzados que emplea como refuerzo en los casos en que hay que sustentar pesadas cargas. Si la justificación que ofrece del empleo de las bóvedas tabicadas es argumentada desde la economía de costes,[31] no se nos oculta que Moya, por otra parte, se siente atraído por los sistemas abovedados desde consideraciones muy otras.[32]

Con análogas intenciones experimentales que en el Museo de América, lleva a cabo la construcción del Escolasticado de los Marianistas en Carabanchel (1942-1944). El uso de bóvedas tabicadas, generalizado en todo el edificio, tiene especial interés en la capilla (figura 6), de planta de cruz griega y con cúpula de arcos cruzados, de 12 m de diámetro.[33] Esta bóveda nervada inaugura la serie de grandes cúpulas de arcos cruzados que levantaría Moya, cúpulas cuya razón de ser se arraiga en la rica tradición de la arquitectura hispano-musulmana.[34]





Figuras 4 y 5
Museo de América (1944). Proceso constructivo de una bóveda de arcos cruzados (los arcos son de ladrillo macizo sobre una primera vuelta de rasilla: ésta refuerza a las cimbras, que son muy ligeras); detalles de bóvedas de rasilla vista sobre arcos cruzados

La cúpula de la iglesia de San Agustín (1945-1951), en la calle de Joaquín Costa, perfecciona el tipo tanteado en Carabanchel y es de trascendencia en la trayectoria de Moya. Es una gran bóveda elíptica[35] constituida —también al modo hispano-musulmán— por diez pares de arcos paralelos, que actúan como necesario refuerzo del gran linternón central (figura 7).[36] Aquí la experimentación del sistema de bóvedas tabicadas llevada a cabo por Moya define la constitución de un tipo constructivo que —con muy

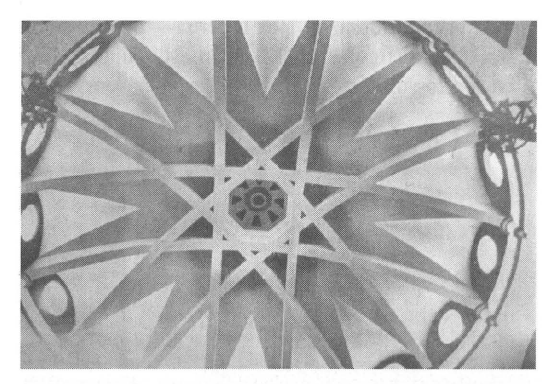


Figura 6
Escolasticado marianista de Carabanchel (1942-1944). Cúpula de arcos cruzados de la capilla

escasos medios— imbrica perfectamente cualidad espacial y estructura; y que —en su aspecto técnico— causaría un asombro y un reconocimiento no limitados al panorama de lo nacional.[37] A partir de este tipo levantaría Moya, fuera de Madrid, las espectaculares cúpulas tabicadas sobre arcos cruzados, también en planta elíptica, de las Universidades Laborales de Gijón (1947-1956) y Zamora (1947-1953) y de la iglesia de Torrelavega (1956-1962) (figura 8).[38]

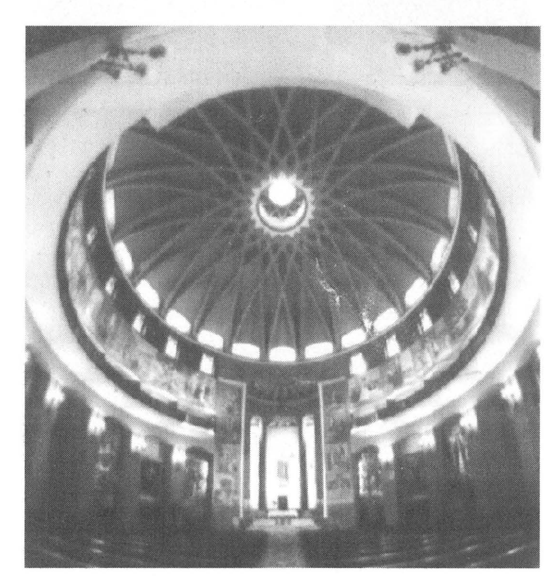


Figura 7
Iglesia de San Agustín (1947). Vista de la cúpula

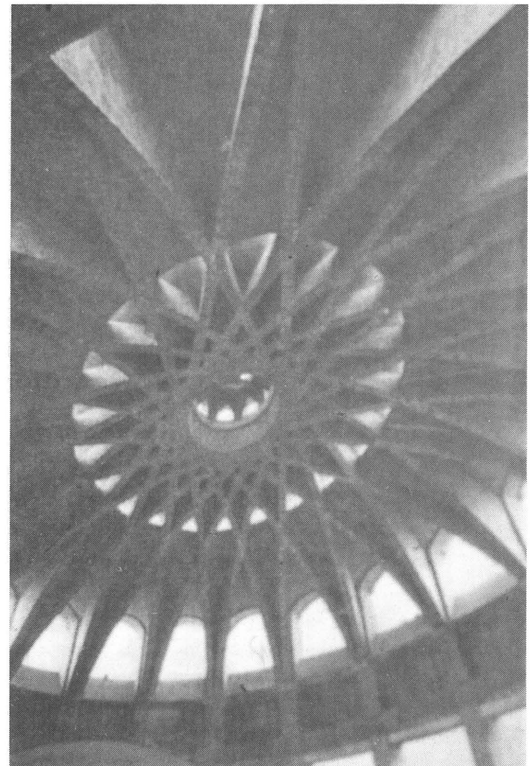


Figura 8
Iglesia de Torrelavega (1956-1962). Cúpula elíptica de arcos cruzados

El abandono del lenguaje formal clásico que experimentó su arquitectura en torno a los años sesenta posibilitó que, rompiendo el esquema constructivo de cúpula —hasta aquí evolucionado por Moya con despejo—, emprendiera muy diferentes caminos —la etapa *moderna*— en que, sin embargo, no abandonaría la práctica de las bóvedas tabicadas. La iglesia de Santa María del Pilar (1963-1965), en el barrio del Niño Jesús, principia esa etapa[39] (figura 9); la nueva concepción del espacio litúrgico se acompaña de un renovado uso de la bóveda tabicada: bajo la influencia de las bóvedas-membrana de hormigón armado construye un gran paraboloide reglado que unifica una planta de forma octogonal y define por entero el espacio.[40] Con este ejercicio —«culminación de un proceso de investigación y dominio en las técnicas constructivas de las bóvedas de membrana con materiales cerámicos»[41]— consiguió Moya —con cons-

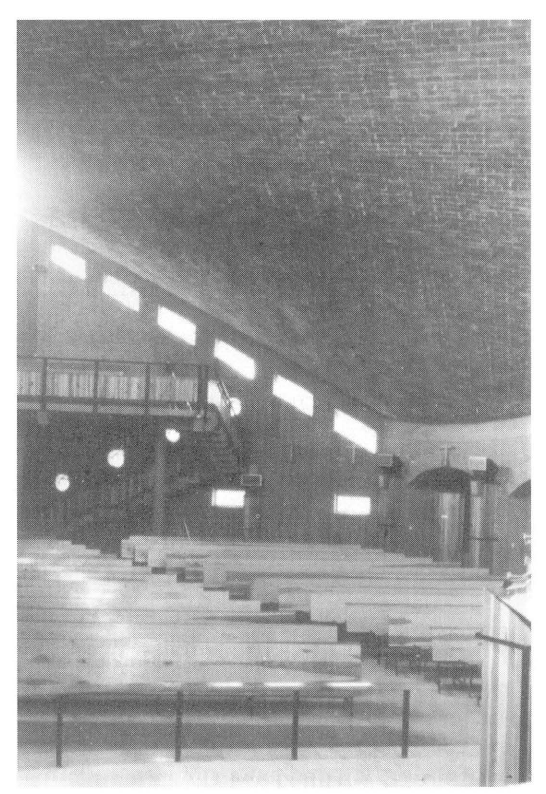
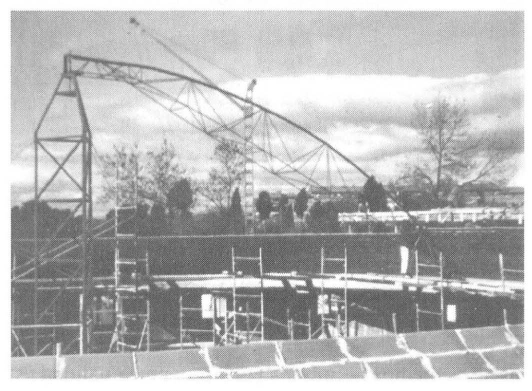
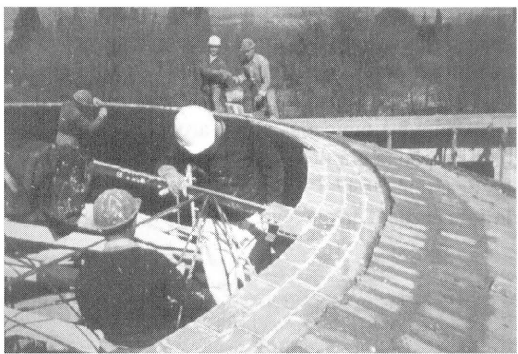


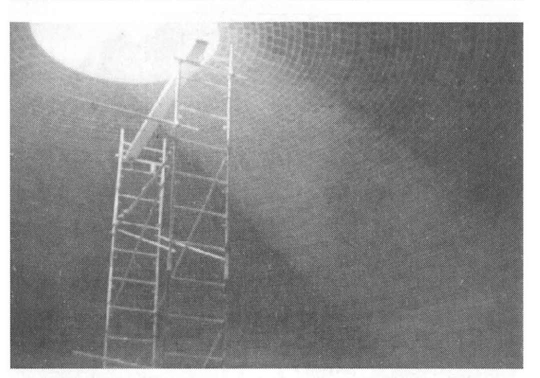
Figura 9
Iglesia de Santa María del Pilar (1963-1965). Aspecto del intradós de la bóveda, con la rasilla vista

trucción muy sencilla[42]— una limpia conjunción de métodos modernos —derivados de la técnica del hormigón armado— con el oficio tradicional de albañilería.

La fidelidad de Moya al sistema de bóvedas tabicadas supuso que, entrando ya en la década de los sesenta (en condiciones muy otras a las que determinaran su uso en la postguerra) prosiguiera en su investigación, con nuevos resultados. En la iglesia de Santa María Madre de la Iglesia (1966-1969), en Carabanchel, realizó un postrer y notable ejercicio con bóvedas tabicadas. La cúpula, retomando la planta circular —con 24 m de diámetro—, está constituida por casquete esférico de cuatro tableros de rasilla; se construyó económicamente mediante una ligera guía metálica giratoria afectando la forma del arco meridiano,[43] siendo el resultado final —en que el intradós queda visto e iluminado por linterna— de una admirable tersura (figuras 10-12). Con esta cúpula Moya —ya en los últimos años de su larga carrera[44]— si-







Figuras 10-12
Iglesia de Santa María Madre de la Iglesia (1966-1969). Proceso de ejecución de la cúpula: guía giratoria que define el meridiano generador; detalle de la formación de la primera vuelta de rasilla, apoyándose en la guía; acabado del intradós con la rasilla vista

gue interesado en demostrar —haciendo abstracción de lenguajes aplicados— la validez actual de este sistema constructivo: según apreció una comisión del Instituto Eduardo Torroja y técnicos norteamericanos durante la construcción,[45] la sencillez del procedimiento consiguió rebajar su coste a menos de la tercera parte de la equivalente bóveda membrana en hormigón armado.

Entre esta cúpula y la que en este mismo recinto del Escolasticado de Carabanchel había levantado Moya, al inicio de su carrera, quedan comprendidos veinticinco años de búsquedas en torno a las bóvedas tabicadas; por encima de las aparentes diferencias del lenguaje formal entre ambas queda registrado el invariante argumento *constructor* de su arquitectura: ésta —como ha apuntado Fernández Alba— se nos explica como desarrollo lógico «de una *construcción uniforme*, sin otra variación que los adjetivos que interpone el tiempo sobre el espacio».[46]

Esta comunicación, enlazando los nombres de dos grandes constructores (su ser constructivo trasciende —lo hemos visto en ambos— apariencias formales, ya goticistas ya clasicistas), se propone en este congreso no sólo por atender a una secuencia notable de la historia de la construcción arquitectónica madrileña; procura también incidir en el valor de la transmisión de unos aprendizajes que, compatibilizando oficios tradicionales con nuevos materiales y técnicas de construcción, acaso no debieran dejarse perder al momento presente.

NOTAS

1. El uso de bóvedas ligeras —de ladrillo puesto de tabla en una o varias vueltas— en las que se evitan costosos sistemas de encimbrado, tiene una profunda raigambre en el suelo español, donde —partiendo de la herencia romana— se asimila la influencia bizantina y los usos de albañilería hispano-musulmanes.
   Básicamente se distinguen dos focos en que la práctica de bóvedas tabicadas ha permanecido en la arquitectura vernácula: Cataluña —con parte de Levante— y Extremadura.
2. Como episodios más conocidos cabe citar el empleo de bóvedas tabicadas por Gaudí y la sistematización de su uso en modernas edificaciones llevada a cabo por el arquitecto valenciano —formado en la Escuela de Arquitectura de Barcelona— Rafael Guastavino; éste, por otra parte, exportó el método —con sorprendente éxito— a los Estados Unidos, donde construyó grandes bóvedas con este procedimiento.
3. Acerca de la importancia de Lázaro en el panorama arquitectónico del momento puede verse P. Navascués, *Arquitectura y arquitectos...*, 221-227; R. Loredo, «Arte español...», 637; A. Glez. Amezqueta, «Medievalismo...», 40-43; J. Gª. Mosteiro, «La obra arquitectónica...».
4. Alguna de sus obras, de hecho, puede verse como uno de los ejemplos más claros, en Madrid, del estilo gótico racionalista; tal es el caso del exterior —en ladrillo— de la iglesia de Ntra. Sra. del Perpetuo Socorro, en la calle de Manuel Silvela. Lázaro, por otra parte, había sido discípulo de Juan de Madrazo, como es sabido uno de los más destacados seguidores de Viollet-le-Duc en nuestro país.
5. La carrera de Lázaro está marcada desde su comienzo por un intenso quehacer en la conservación del patrimonio arquitectónico; de entre todas estas intervenciones la más conocida fue la de culminar la larga restauración de la catedral de León, cuyas obras dirigió sucediendo a Demetrio de los Ríos.
   Hay que notar el singular empeño de Lázaro en la tarea de recuperar los oficios tradicionales —incluso en su estructura social de aprendizaje—; caso verdaderamente remarcable es el taller que organizó en las obras de la catedral de León (*cf.* J. Gª. Mosteiro y E. Minguito, «El taller...»).
6. Entre otros testimonios recogemos este de Repullés: «(...) precisamente a la vez que realizaba estas difíciles restauraciones de lo viejo, empleando en ellas las prácticas y procedimientos de la época correspondiente a cada edificio, era uno de los paladines y más constantes mantenedores de los modernos procedimientos constructivos» (E.M. Repullés, «Necrología...», 257 y ss); por otra parte, el propio Lázaro —al final ya de su carrera profesional— reconocía: «(...) mi particular vocación, la cual me ha impulsado siempre a cultivar con preferencia la parte que se refiere a la estructura de las obras arquitectónicas, (...)» (J.B. Lázaro, «Discurso...», 7).
7. Tal es el caso de las bóvedas sobre aristones metálicos del hoy desaparecido convento del Beato Orozco; en este edificio, como ha apuntado Navascués, tanto el claustro como la iglesia se cubrían —con bóvedas nervadas— de modo innovador: por primera vez en Madrid —y acaso en España— se utilizaba el hierro en la crucería de las bóvedas, sustentándose la cubierta sin interposición de armadura (*cf.* P.Navascués, *op. cit.*, 225).
8. Las primeras obras de Lázaro en Madrid (en torno a 1880) ya denotan un particular uso *estructural* —no meramente formal o «estilístico»— del ladrillo; su clara opción por una construcción «francamente revelada» era llevada —según Repullés— «hasta un extremo que quizá no sea del gusto de todos, pues de ella resulta el estilo del monumento no muy en armonía con las ideas corrientes» (E.M. Repullés, «Panteón...», 322).

9. Lázaro había sido compañero de estudios, en la Escuela de Madrid, de Lluis Domènech i Montaner, quien estaba construyendo el edificio del restaurante de la Exposición. En ambos arquitectos —por lo demás tan diferentes— se pueden encontrar algunos aspectos comunes; por lo que al objeto de esta comunicación interesa, cabe remitirse a la práctica de bóvedas tabicadas llevada a cabo por Domènech, siendo de destacar las que construye en el Hospital de San Pablo de Barcelona, proyectado en 1901 (*cf.* J. Martorell, «Estructuras de ladrillo...», 138-140 y 142-143).
10. Conviene notar que Lázaro ya en su primeros años de profesión, como arquitecto municipal de Ávila, había alcanzado un profundo conocimiento de la construcción en ladrillo a través —como explica Repullés— de «las muchas y notables obras antiguas de albañilería que restan en la provincia» (E.M. Repullés, *op. cit.,* 321).
11. E. Laredo, «Asilo...», 2.
12. L.M. Cabello y Lapiedra, «Recepción pública...», 8. Por otra parte, en cuanto al empeño de Lázaro, cabe notar que Lampérez le consideraba no sólo implantador en Madrid del sistema *a la catalana* sino *propagandista* del mismo (V. Lampérez, «Crónica» [1898], 107).
13. Edificio en la calle de Ortega y Gasset con vuelta a Claudio Coello (1883), (A.S.A. 6-166-82).
14. Edificio en la calle de Juan de Mena con vuelta a Alfonso XI (1889), (A.S.A. 8-14-25).
15. Los *revoltons* catalanes; esto es, la bovedilla de rasilla —por lo general de una hoja— tendida entre dos viguetas metálicas.
16. Desde los comienzos de su carrera profesional (que coincide con la restauración alfonsina y el subsiguiente resurgir de la Iglesia) Lázaro había conseguido importantes encargos de arquitectura religiosa.
17. Véase al respecto J. Bayó, «La bóveda tabicada», 166 y ss., publicado poco después de que Lázaro se apartara del ejercicio profesional.
18. En sus grandes iglesias madrileñas —Perpetuo Socorro (1892-1897), Reparadoras (1897-1901), San Vicente de Paúl (1900-1904), la desaparecida de las Hijas de la Caridad (1906-1910)— puede seguirse la constante experimentación con delgadas bóvedas tabicadas. De la capilla del colegio de las Ursulinas (1889-1898) tomamos la descripción que hizo Lampérez: «(...) las bóvedas de simple crucería, cuya nervatura toda está construida con sólo tres alfas o tabicados de ladrillo hueco sentado con yeso puro y dispuestas de modo que su sección transversal es en forma de trapecio. La plementería se compone de un solo tabicado de ladrillo hueco con yeso puro» (V. Lampérez, *op. cit.,* 107).
19. Cabe traer al caso una reseña que en 1899 escribió Lampérez acerca de las bóvedas tabicadas que Lázaro estaba construyendo en la iglesia de las Reparadoras; en ella, constatando la transformación que estaba imponiendo Lázaro en lo constructivo, le anima a exhibir descarnadas sus innovadoras estructuras:
«Lo interesante de este edificio es su construcción. El sistema llamado a la catalana es el que allí impera. (...) Los espesores de pilares y muros son reducidísimos; los vanos de arcos tan grandes como pequeños los tizones de sus alfas. (...) La mano de obra es perfecta. (...) Esto nos sugiere algunas reflexiones, que apuntaremos aquí. Si el sistema a la catalana lleva en su estructura la razón de su solidez; si las alfas son monolitos en los que el material no actúa por su forma mecánica, sino por la cohesión; si las cadenas de los muros son las que coadyuvan al equilibrio, estableciendo igualdad de asientos; si todo esto y otras cosas más son la base y el fundamento de la construcción ¿por qué ocultar la estructura con estucos y postizos? ¿qué papel van a desempeñar esos capiteles agregados y esas dovelas fingidas, imitación de otro sistema opuesto al moderno? ¿Por qué no acometer resueltamente la revolución, (...)?» (V. Lampérez, «Crónica» [1899], 31).
20. E.M. Repullés: «Contestación al discurso...», 49.
21. Por enfermedad se apartó de la profesión en 1908.
22. *Cf.* L. Moya, «La arquitectura madrileña...», 28. Conocido el compromiso de Lázaro en la recuperación y enseñanza de los oficios tradicionales, junto a su voluntad propagandista del sistema a la catalana, no es aventurado conjeturar su decidida iniciativa en la formación de esa mano de obra.
23. Como explica Moya, también en los años de la Primera Guerra Mundial, en similar coyuntura económica, hubo un tímido intento de recuperación del uso de las bóvedas tabicadas; y remarca la experiencia emprendida por su tío Juan Moya Idígoras (L. Moya, «Arquitecturas cupuliformes...», 112; *cf.* «Homenaje a la memoria de D. Juan Moya...», 8). Como curiosa coincidencia es de notar que Lázaro, Juan Moya y Luis Moya se sucedieron correlativamente —con la medalla número 38— como académicos de la Real de Bellas Artes de San Fernando.
24. Acerca de la figura de Moya puede verse A. Capitel, La arquitectura..., en particular, por lo que hace al caso, el epígrafe «La construcción», 39-43; y, sobre distintos particulares de su pensamiento en relación a los sistemas abovedados, J. G.ª Mosteiro, *Dibujo y proyecto...,* entre otros epígrafes: «La tradición construida», 64-66, «Génesis de los sistemas constructivos», 186-192; también el epígrafe «Forma y construcción en el pensamiento arquitectónico de Moya» en J. G.ª Mosteiro, «El cuaderno...», 31-34; sobre otros aspectos notables, M. A. Frías, Presentación...
25. Las primeras conclusiones de la experiencia conseguida quedarían registradas tempranamente en su ya célebre tratado *Bóvedas tabicadas,* publicado por la Dirección

General de Arquitectura en 1947; este estudio fue un revulsivo en el panorama arquitectónico del momento, y a él se deben muchas construcciones llevadas a cabo por este sistema en Madrid. Entre otros estudios aparecidos en ese momento sobre el tema cabe destacar la conferencia «La bóveda catalana» que pronunció en 1946 Buenaventura Bassegoda (B. Bassegoda, *La bóveda...*); también I. Bosch, «La bóveda vaída...»).

Por otra parte, junto al claro interés de Moya por la construcción abovedada conviene notar que sus primeras actuaciones profesionales, hasta la postguerra, muestran un explícito —a veces, espectacular— compromiso con el entonces todavía «nuevo» material del hormigón armado (Faro de Colón, Sueño arquitectónico para una exaltación nacional...).

26. Tanto las bóvedas inferiores como las superiores, de 2'50 m de luz real, están constituidas por dos hojas de rasilla.
27. Este sistema de bóvedas tabicadas es el antecedente directo del conocido bloque de viviendas dúplex construido por Francisco de Asís Cabrero (1948-1949).
28. En la iglesia rehace la cúpula del crucero y el conjunto de las bóvedas por arista de la nave.
29. A. Capitel, *op. cit.,* 83.
30. Entre otras: bóvedas cilíndricas, por arista, de arcos cruzados (en algún caso con arcos de sólo medio pie de ancho), vaídas... (véase L. Moya, *Bóvedas tabicadas,* 88-91).
31. Así, por ejemplo, defiende explícitamente cómo con este sistema se emplea sólo un 5% del hierro que emplearía una estructura convencional.
32. Naturalmente —abundando en lo anteriormente apuntado— se entiende la querencia de Moya por el sistema abovedado, en el que el problema de empujes organiza todo un sistema constructivo, donde la cuestión estriba prioritariamente en el problema de la estabilidad y no en el de la resistencia de materiales.
33. Las bóvedas de los brazos son cilíndricas rebajadas, constituidas por cuatro hojas de rasilla. La cúpula está formada por cuatro pares de arcos de un pie de ancho: los cuatro arcos que cargan en los machones son de ladrillo macizo (2 vueltas de rasilla más 5 de macizo); los otros cuatro, que cargan sobre las bóvedas, son de ladrillo hueco. La plementería que apoya en los arcos es de tres hojas de rasilla formando bóvedas cilíndricas con apertura de lunetos en el perímetro. El conjunto de las bóvedas conlleva un sistema de atirantado oculto que complementa al desempeñado por los contrafuertes de fábrica.
34. «Si partimos de las cúpulas pequeñas, pero llenas de significado, de la Mezquita de Córdoba —tiene escrito Chueca— podemos encontrar el antecedente más arcaico de estas cúpulas de Moya que él desarrolló en grandes y monumentales dimensiones» (F. Chueca Goitia, «El gran arquitecto...», 31). Para Moya la gran ventaja de los arcos que se cruzan es claramente demostrable desde lo constructivo: los arcos son enteros sin el inconveniente de hacer converger todos las acciones en el centro de la cúpula; cada arco es cruzado por todos los demás, menos por su paralelo, con lo que se consigue que en caso de que haya un punto de fracaso se asimile éste por los demás (L. Moya, «Arquitecturas cupuliformes...», 118).
35. Son sus dimensiones: eje mayor de 24 m, eje menor de 19 m y flecha de 4'80 m.
36. Colaboró con Moya, para el cálculo de esta bóveda, el arquitecto Manuel Thomas. Los arcos son de un pie de ancho y están constituidos por una vuelta de rasilla con yeso (que refuerza la leve cimbra) y nueve roscas de ladrillo macizo, tomado con cemento. Los empujes se contrarrestan con un zuncho perimetral.

    Es de citar la imprevista comprobación de la flexibilidad de este tipo de bóvedas: antes de construir la gran linterna central los arcos empezaron a trabajar independientemente de la cimbra, elevándose la clave nada menos que 5 cm; conforme se fue levantando la linterna la clave fue descendiendo hasta la posición inicial sin apreciarse ningún tipo de fisura.
37. Véase por ejemplo A. Florensa, «Guarini ed il mondo...», 647.
38. Debido a la impresión que causó la bóveda nervada de San Agustín —según Moya comentó en una entrevista a quien esto escribe— estos nuevos encargos venían con la exigencia de la propiedad de que las cúpulas se hicieran «con arcos cruzados».
39. Véase L. Moya y J.A. Dguez. Salazar, «Capilla...».
40. Esta iglesia —que «es, sobre todo, cubierta» («Iglesia del Colegio...», 11)— es de planta en forma de octógono irregular —de 744 m^2— y se cubre con un paraboloide hiperbólico, de manera que el perímetro de la superficie queda comentado por cuatro tramos rectilíneos y cuatro tramos parabólicos. El hecho de ser tabicada supuso un gran abaratamiento al evitar el alto coste de los encofrados que las membranas de hormigón exigen.
41. «Iglesia del Colegio...», 9.
42. La construcción fue muy rápida, con reducido número de albañiles y de materiales. Al estar generada por rectas, se dispusieron guías de madera cada 60 cm, según una de las dos familias de generatrices, sobre los que se tendió la primera hoja de rasilla, cogida con yeso; ésta —con un excelente efecto— queda a la vista. Sobre esta primera hoja se dispuso una capa de 3 cm de mortero de cemento con los redondos de tracción —materializando una serie de generatrices rectas y anclados en el zuncho perimetral de hormigón— y dos tableros de rasilla cogidos con cemento;

en total tiene un espesor de 14 cm. Colaboró en el cálculo de la bóveda el arquitecto Luis García Amorena.

43. La marcha de la construcción es elemental: al ser la planta circular, en el centro se dispuso un vástago sobre el que se apoya una muy leve guía; el extremo de ésta se va deslizando en el zuncho perimetral y generando la primera rosca.
44. Una bóveda similar a ésta es la que construyó en la capilla de la casa de los religiosos marianistas en Arenas de San Pedro.
45. L Moya: «Arquitecturas cupuliformes...», 114.
46. A. Fernández Alba: «Luis Moya...», 74.

Bibliografía

Bassegoda, B., *La bóveda catalana*, Barcelona, 1946.

Bayó, J., «La bóveda tabicada», *Anuario. Asociación de Arquitectos de Cataluña*, 1910, 157-184.

Bosch Reitch, I., «La bóveda vaída tabicada», *Revista Nacional de Arquitectura*, 89 (1949), 185-199.

Cabello y Lapiedra, L. M., «Recepción pública del Excmo. Sr. D. Juan Bautista Lázaro de Diego, arquitecto, en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando», *Arquitectura y Construcción* (Barcelona), 174 (enero 1907), 8-23.

Capitel, A., *La arquitectura de Luis Moya Blanco*, Madrid, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1982.

Chueca Goitia, F., «El gran arquitecto Luis Moya Blanco», *Academia* (Madrid), 70 (primer sem. 1990), 29-34.

Fernández Alba, A., «Luis Moya Blanco. Maestro en el recuerdo», *Academia* (Madrid), 70 (primer sem. 1990), 71-75.

Florensa, A., «Guarini ed il mondo islamico», en AAVV, *Guarini e l'internazionalità del Barocco. Atti del Convegno Internazionale*, Turín, Accademia delle Scienze di Torino, 1970, 637-665.

Frías Sagardoy, M. A., Presentación a *Felicitaciones navideñas por el arquitecto Luis Moya*, Real Academia de Bellas Artes de San Fernando y Escuela de Arquitectura de la Universidad de Navarra, Madrid, 1988, 5-20.

García-Gutiérrez Mosteiro, J., «La obra arquitectónica de Juan Bautista Lázaro», *Academia* (Madrid), 74 (primer sem. 1992), 445-498.

—, «El cuaderno de apuntes de construcción de Luis Moya (curso 1924-1925)», en *Cuaderno de apuntes de construcción de Luis Moya (curso 1924-1925)*, ed. a cargo de Javier García-G. Mosteiro, Madrid, ETSAM e Instituto Juan de Herrera, 1993, 13-34.

—, *Dibujo y proyecto en la obra de Luis Moya Blanco* (tesis doctoral), 1996, (Biblioteca ETSAM).

—, y Eloy Minguito Lobos: «El taller de Juan Bautista Lázaro para la restauración de las vidrieras de la catedral de León» en Pedro Navascués Palacio y José Luis Gutiérrez Robledo (dirs.), *Actas del congreso de Medievalismo y neomedievalismo en la arquitectura española: Las catedrales de Castilla y León I*, Ávila, Fundación Cultural Santa Teresa, 1994, 207-220.

González Amezqueta, A., «Medievalismo en ladrillo», *Arquitectura* (Madrid), 125 (mayo 1969), 32-50.

«Homenaje a la memoria de D. Juan Moya, figura señera de la Arquitectura española», *Construcción* (Madrid), 36 (oct-dic 1953), 7-9.

«Iglesia del Colegio del Pilar», *Arte Religioso Actual*, 13 (julio 1967), 9-14.

Lampérez y Romea, V., «Crónica», *Resumen de arquitectura* (Madrid), (dic. 1898), 107-108.

—, «Crónica», *Resumen de arquitectura* (Madrid), 3 (marzo 1899), 30-33.

Laredo y Carranza, E., «Asilo de San Diego; paseo del Cisne, Madrid», *Pequeñas Monografías de Arte y Arquitectura* (Madrid), 1908, 1-16.

Lázaro de Diego, J. B., «Discurso del Excmo. Sr. D. Juan Bautista Lázaro», en *Discursos leídos ante la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando en la recepción pública del Excmo. Señor D. Juan Bautista Lázaro el día 16 de Diciembre de 1906*, Madrid, R.A.B.A.S.F., 1906, 3-30.

Loredo, R., «Arte español desde principios del s. XIX hasta el momento actual. La arquitectura», en K. Woermann, *Historia del Arte en todos los tiempos y pueblos. Arte contemporáneo* (t. VI), Madrid, Saturnino Calleja, 1924, 591-665.

Martorell, J., «Estructuras de ladrillo y hierro atirantado en la arquitectura catalana moderna», *Anuario. Asociación de Arquitectos de Cataluña*, 1910, 119-146.

Moya Blanco, L., *Bóvedas tabicadas*, Madrid, Dirección General de Arquitectura, 1947.

—, «Arquitecturas cupuliformes: el arco, la bóveda y la cúpula», *en* AAVV, *Curso de mecánica y tecnología de los edificios antiguos*, Madrid, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1987, 97-119.

—, «La arquitectura madrileña en el primer tercio del siglo XX», *Atlántida* (Madrid), 2 (1990), 20-36.

—, y J. A. Domínguez Salazar, «Capilla del colegio de Santa María del Pilar. Madrid», *Informes de la Construcción* (Madrid), 173 (ag.-sept. 1965), 49-61.

Navascués Palacio, P., *Arquitectura y arquitectos madrileños del siglo XIX*, Madrid, Instituto de Estudios Madrileños, 1973.

Repullés y Vargas, E. M., «Panteón de familia construido en el cementerio de San Isidro de Madrid bajo la dirección del arquitecto don Juan Bautista Lázaro», *Anales de la Construcción y de la Industria* (Madrid), 21 (nov. 1881), 321-323.

—, «Contestación al discurso de Juan Bautista Lázaro», en *Discursos leídos ante la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando en la recepción pública del Excmo. Señor D. Juan Bautista Lázaro el 16 de Diciembre de 1906*, Madrid, 1906, 39-54.

—, «Necrología de Juan Bautista Lázaro», *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando* (Madrid), 52 (1919), 257-263.

Apoximación al estudio de la construcción en la nueva España

Javier Gómez Martínez

La historiografía del arte novohispano, a lo largo de casi un siglo de andadura, ha creado un significativo vacío en torno a un tema tan específico como fundamental: la historia de la construcción.[1] Ha producido numerosos estudios en torno a las artes plásticas. Lejos de haber sido marginada, la arquitectura ha venido ocupando una posición privilegiada en el horizonte historiográfico. Sin embargo, los estudios arquitectónicos han seguido unos derroteros clara y recurrentemente estandarizados: han discurrido por las sendas tipológica, formalista y/o iconológica. Los aspectos constructivos y técnicos han sido obviados y relegados en beneficio de una apreciación de la arquitectura como pura fachada e imagen, en exceso superficial. Por supuesto, hay ciertas excepciones, pero todas ellas pueden contarse con los dedos de una mano.[2]

Esa laguna es la que pretendemos llenar, aunque, por el momento, sea sólo mediante una serie de rápidas pinceladas que tracen los principales hitos del proceso arquitectónico de aprendizaje y superación desarrollado en México durante los tres siglos de vida colonial.

Si la historia de la construcción es fascinante en el contexto hispano, la fascinación no puede por menos que aumentar en el novohispano. Esto es así desde el momento en que la tradición arquitectónica mesoamericana desconoció el arco y la bóveda, ejes cardinales de las tradiciones europeas y corolarios del arte de la cantería. La implantación de los ignotos usos constructivos en la Nueva España se centró en torno al siglo XVI, en tanto que la asimilación culminó en el siglo XVIII, llegando, incluso, a superar a la metrópoli en realizaciones concretas.

Dos notas complementarias destacan en el contexto de aquellos años iniciales en que los territorios mesoamericanos fueron bautizados con el nombre de Nueva España. La primera alude a la excelente, aunque limitada, calidad de las construcciones prehispanas, tal y como hacía constar el Licenciado Alonso Zuazo en 1521, en carta dirigida al prior de La Mejorada: «...todas (las ciudades) están labradas de piedra e cal e tierra, maravillosamente, de muy grandes e ricos edificios, excepto que no se halla alguno con bóveda...».[3] La segunda se refiere a la asombrosa capacidad discente manifestada por los indios o naturales, que les permitió solventar con gran rapidez la carencia señalada en primer lugar: «...en lo que más se aventajaron fue en la cantería y samblaje, porque, como para estas dos cosas, que eran necesarias para la iglesia y convento, se escogieron buenos oficiales españoles, de que había abundancia en la tierra, enseñáronles bien y salieron tan eminentes que ellos, por sí, hacían muchas obras...».[4]

La última cita, que se refiere a lo ocurrido en el convento de Tiripetío (Mich., O.S.A.) en 1538, precisa una matización. En efecto, los naturales se revelaron pronto como hábiles canteros capaces de voltear arcos y bóvedas, pero no es totalmente exacto que los maestros se prodigaran en la tierra nueva. La falta de mano de obra

de origen español (europeo más genéricamente), especializada en el corte de la piedra, fue crónica a lo largo de todo el siglo XVI americano. Los españoles dedicados a la construcción estaban familiarizados, preferentemente, con el sistema de trabajo heredado de la tradición hispanomusulmana, es decir, la albañilería y la carpintería. Esta circunstancia explica, entre otras cosas, cómo los albañiles novohispanos crearon un gremio, en 1599, que aglutinaba también a la cantería.[5] En España, la construcción en piedra nunca admitió la infraestructura gremial, salvo muy puntuales excepciones (Mallorca y Valencia). Ese tipo de corporativismo fue exclusivo de albañiles y carpinteros enraizados en la práctica urbana del pasado hispanomusulmán. En Nueva España, pues, repitieron las pautas de comportamiento peninsulares, y los canteros, minoritarios en esos momentos, tuvieron que adaptars a ellas.

La mano de obra apta para trabajar la piedra, entre los inmigrantes, era muy reducida y, en igual medida, solicitada. No obstante su reducida proporción numérica, dentro del grupo, son identificables sujetos muy singulares, acreditados, por su origen y formación, para enseñar a los naturales e implantar en la Nueva España unas técnicas de cantería muy específicas. En los primeros momentos, serán los propios eclesiásticos regulares, los frailes mendicantes, los encargados de estos menesteres y, a medida que avance la centuria, su peso específico irá cediendo ante los operarios civiles.

Entre los primeros contingentes de frailes enviados a Nueva España, abundan los procedentes de Francia, Flandes y Alemania.[6] Tan fructífero flujo se vio ralentizado a partir de 1530, año de la primera de las varias reales cédulas tendentes a evitar el acceso a Indias de otros europeos (eclesiásticos y civiles) que no fueran los españoles. Para entonces, afortunadamente, los «extranjeros» ya habían dejado instructivas muestras de su buen hacer.

Los tres primeros frailes que pisaron Nueva España lo hicieron en 1523, y fueron franciscanos flamencos. Fray Pedro de Gante, el único que perduró en su lugar de destino, escribía a sus hermanos de Flandes, en 1529, en estos términos: «...he levantado más de cien casas consagradas al Señor, entre iglesias y capillas, algunas de las cuales son templos tan magníficos como propios para culto divino...».[7] Por citar sólo otro ejemplo, el también franciscano Fray Simón de Bruselas, oriundo de la Provincia de «...Alemania la Inferior...», fue el encargado de construir el convento de Amacueca (Xal., 1547). «...de cal y canto y bóveda...».[8]

Personajes de esta índole, así como algunos laicos hispanos formados en la órbita toledana de Juan Guas y en la burgalesa de Simón de Colonia, son los responsables de obras que acusan la primorosa labra transmitida por los maestros entalladores del Tardogótico. Numerosos detalles de esa naturaleza salpican las construcciones de los dos primeros tercios del siglo XVI, como vanos baquetonados, pilares recambiados y tracerías con patrones de *vesica piscis*. Entre las muestras conservadas, ninguna supera en calidad y coherencia a las registradas en el convento agustino de Yecapixtla (Mor., d.1541-1586).

Los usos canteriles tardogóticos estaban llamados a desaparecer, pero aún alcanzaron a convivir con otros que aparecieron en el escenario novohispano pocos años después y que estaban llamados a permanecer. Nos referimos a la cantería «a la francesa», a la manera de Philibert Delorme, que, en última instancia, lo que hacía era tomar el *ars* de la tradición gótica y ponerla al servicio de la *scientia* de la tradición clásica. Esta modalidad canteril llegó a la Nueva España de la mano de artífices peninsulares procedentes de dos de los focos que mejor habían asimilado las enseñanzas francesas: Andalucía, con su antesala castellano-manchega, y Galicia, con su apéndice portugués.

Toribio de Alcaraz, nacido hacia 1520 en el mismo pueblo albaceteño que Andrés de Vandelvira, pasó a Nueva España en 1544 y obtuvo el cargo de maestro mayor de la Catedral de Pátzcuaro (Mich.) casi automáticamente. Para el polémico edificio de Don Vasco de Quiroga concibió, entre otros alardes «a la francesa», «...dos caracoles para subir a las torres, de singularísima estructura...», uno de los cuales poseía rampas independientes para el ascenso y el descenso, como el prototipo galo de Chambord.[9] El portugués Diego Díaz de Lisboa, en 1535, construyó para el Hospital de Jesús de la ciudad de México «...una ventana gótica que allí hubo, en la misma esquina, con un arco de cada lado...»,[10] es decir, una ventana en ángulo como las francesas y vandelvirescas. Y Claudio de Arciniega, el tracista de la Catedral de México (1573), formado en el entorno madrileño, ideó para cada torre un «caracol de Mallorca» como el codificado por Vandelvira.

Al mismo repertorio de «trazas de cortes de piedras» pertenecen las numerosas trompas empleadas en las obras quinientistas novohispanas. Análoga-

mente, varias fachadas agustinas de ese periodo ostentan con profusión soportes antropomorfos, signos parlantes del contacto con el Renacimiento «a la francesa», como las de Acolman (Méx., 1560) y Yuririapúndaro (Gto., d. 1560). Esta vía nutriente puede ser cerrada con la llegada, en 1600, de Fray Andrés de San Miguel, originario de Medina Sidonia (un foco estereotómico andaluz de primera categoría) y autor de un manuscrito libro de montea.

En la segunda mitad del siglo XVI, aparecen varios artífices dedicados a la construcción pero provinientes del campo de las artes plásticas, sobre todo las relacionadas con la madera (escultura y ensamblaje). Este mismo perfil había sido el de los entalladores y arquitectos centroeuropeos del Tardogótico y el de sus colegas franceses del Quinientos, como Delorme y los muchos que, previamente, habían pasado a España. En pocas palabras: ese perfil era sinónimo de calidad; para trabajar bien la piedra era preciso manipular, antes, la madera. Pues bien, desde las últimas décadas del siglo XVII y a lo largo de toda la centuria siguiente, el panorama constructivo novohispano será acaparado, con frecuencia creciente, por arquitectos procedentes del campo de la retablística.

La tónica del proceso tocó fondo en 1703-1705, cuando los «...arquitectos entalladores...» de la ciudad de México pleiteaban para segregarse del gremio de carpintería y adscribirse al de arquitectura. La oposición de los arquitectos era de esperar y, todavía en 1733, el proyecto de Jerónimo Balbás (responsable del Retablo de Los Reyes para la Catedral Metropolitana) para la fachada de la Casa de Moneda fue descalificado por los arquitectos asistentes a la subasta alegando que estaba «...decorado en tan extraña manera que, para terminarlo, se incurriría en grandes gastos, y, una vez terminado, parecería más como un altar en una iglesia que la fachada de una casa; parece más propio para ser tallado que para escultura en piedra...».[11] Lo que propuso Balbás fue una fachada-retablo plagada de estípites, que fue el modelo que se impuso a partir del proyecto de Lorenzo Rodríguez para el Sagrario Metropolitano (11749-1760).

Los arquitectos ensambladores, pues, lograron imponer su criterio. Gracias a ello, la cantería dieciochesca de la Nueva España alcanzó unas cotas mayores que la del XVI y aún superiores a las de la cantería peninsular contemporánea, en crisis por culpa del avance del yeso y el ladrillo. La pieza maestra de este momento pueder ser, con todo derecho, el caracol diseñado por Francisco Antonio Guerrero y Torres para el palacio de los Condes de San Mateo de Valparaíso, obra que el propio artista firmó y fechó en 1769-1772. Se trata de un caaracol de doble rampa: unaa para ssubir y otra para bajar, passmo de la aristocracia y de la burguesía citadinas, inspirado en obras francesas quinientistas y, más concretamente, en el celebérrimo caracol de la Catedral de Pátzcuaro, desaparecido en el siglo XIX.

No obstante, al tiempo que Guerrero y Torres realizaba ése y otros alardes constructivos, iba creciendo una línea diferente y paralela llamada a cerrar la historia de la arquitectura colonial en México. Los ingenieros militares iban ganando terrerno a los arquitectos. La obra de la misma Casa de la Moneda de la ciudad de México no fue asignada a Balbás, pero tampoco a ninguno de su colegas, sino a Luis Díez Navarro, ingeniero militar español. Esta nueva categoría profesional propugnará una arquitectura más sólida, más atenta a lo constructivo que a lo ornamental. Además, contribuirá a difundir, también entre los arquitectos, un tipo de tratados muy específico: los franceses más recientes, en los que la estereeotomía de la piedra se hará acompañar de la estereotomía de la madera y, en última instancia, de la del hierro. Las obras cumbres de este capítulo final están contenidas en los remates de las torres de la Catedral de México, trazados y realizados por Damián Ortiz de Castro en 1787-1791.[12] Los «caracoles de Mallorca» que Arciniega había concebido en piedra dentro de los cubos, se continúan en madera dentro de los campanarios, cuyo remate son sendas cúpulas de planta elíptica, sección campaniforme y estudiadísima resolución estereotómica.

BIBLIOGRAFÍA

Ajofrín, Francisco de (O.F.M.). *Diario del viaje que hizo a la América en el siglo XVIII* [ms. 1764-1767]. México, Inst. Cultural Mexicana, 1964 (2 vols.).

Aspurz Lázaro de (O.F.M.). *La aportación extranjera a las misiones españolas del patronato regio.* Madrid, Consejo de la Hispanidad, 1946.

Báez y Macías, E. *El edificio del Hospital de Jesús. Historia y documentos sobre su construcción.* México, U.N.A.M.I.I.E., 1982.

Baselenque, Diego de (O.S.A.). *Historia de la provincia de San Nicolás de Tolentino de Michoacán, del Orden de Nuestro Padre San Agustín (1673).* México, Jus, 1963.

Cuevas, M. (S.J.). *Historia de la Iglesia en México.* El Paso (Texas), Revista Católica, 1922-1928 (5 vols., 3.º ed.).

Fernández García, M. R. *Maestros mayores de arquitectura en la ciudad de México en el siglo XVII (estudio documental).* México, U.N.A.M.-I.I.E., 1981 (facs. Tesis de Maestría; hay ed.: *Arquitectura y gobierno virreinal. México, 1985).*

García Icazbalceta, J. *Colección de documentos para la historia de México (1858).* México, Porrúa, 1971 (2 vols.).

Kubler, G. *Arquitectura mexicana del siglo XVI,* (1948). México, F.C.E., 1982

Tello, A. (O.F.M.). *Crónica miscelánea (...) de la santa provincia de Xalisco* (1653). Guadalajara, Imp. de «La República Literaria» de Ciro I. de Guevara, 1891 (3 vols.).

Toussaint Ritter, M. *La Catedral de México y el Sagrario Metropolitano. Su historia, su tesoro, su arte* (1948). México, Porrúa, 1973.

Tovar de Teresa, G., «Del barroco salomónico al barroco estípite. Consideraciones sobre un documento relativo al gremio de los arquitectos de la ciudad de México en 1733». *Cuadernos de Arte Colonial,* 3. (Madrid, 1987), pp. 122-128.

Notas

1. El presente texto es el avance de una investigación más amplia que estamos desarrollando en el seno del Departamento de Arte de la Universidad Iberoamericana, auspiciada por la Agencia Española de Cooperación Internacional.
2. Nos referimos a estudios arquitectónicos que han ido más allá de lo superficial, como el dedicado por G. Kubler a la arquitectura del siglo XVI (Kubler, 1948), o que se centran a los aspectos sociológicos de la construcción, como el dedicado por M. Fernández a los maestros mayores de la ciudad de México en el siglo XVII (Fernández García, 1981). Las dos obras reseñadas revisten un carácter tan específico como extraordinario. Aparte, es preciso hacer constar la existencia de numerosas referencias a tratados de arquitectura documentados en la Nueva España, demasiado dispersas como para incluirlas aquí. Por otra parte, la mayoría de esos tratados responden a la tradición clásica difundida desde Italia, útiles para cuestiones teóricas pero muy poco operativos en términos constructivos.
3. García Icazbalceta, 1858, t. I, p. 359.
4. Baselenque, 1673, p. 60 (cfr. Kubler, 1948, p. 115).
5. Fernández García, 1981, p. 340.
6. Aspurz, 1946, apéndice 1.
7. Cuevas, 1928, t. I, 160.
8. Tello, 1653, lib. IV, cap. XI, p. 72.
9. Ajofrín, 1764, p. 163.
10. Báez y Macías, 1982, p. 27.
11. Tovar de Teresa, 1987, pp. 122-128.
12. Toussaint Rittert, 1948, p. 64.

Las Juntas Generales de Álava y la financiación de la infraestructura viaria (siglos XV-XVI)

César González Mínguez

El estudio de los caminos hasta fechas relativamente recientes no ha atraido especialmente la atención de los historiadores. Hay, no obstante, verdaderos clásicos en el tema, como pueden ser Villuga,[1] Meneses,[2] Escribano,[3] Espinosa,[4] Alzola[5] o, ya en nuestros días, Menéndez-Pidal.[6] Pero ha sido en los últimos años cuando se ha producido una auténtica profusión de trabajos de la más variada índole dedicados al estudio de la caminería. Sin entrar ahora en detalles, y como expresión de ese auge, baste recordar la celebración de los dos primeros Congresos Internacionales de Caminería Hispánica, en 1992 y 1994, auténticamente multitudinarios, cuyas actas han visto ya la luz.[7] Su tercera edición va a tener lugar en México en el presente año. O las sucesivas Jornadas destinadas al estudio de la red viaria de Madrid y de su Comunidad Autónoma en la Edad Media, organizadas por la Asociación Cultural Al-Mudayna, que se celebraron en 1991 y 1992, y cuyas actas conjuntas han sido publicadas recientemente.[8] Para el caso concreto de la infraestructura viaria de Álava, hasta el siglo XVI, es muy notable el impulso que su estudio ha recibido en la década de los noventa.[9] En resumen, a través de tales publicaciones, y de otros trabajos monográficos, podemos constatar lo sugestivo que se presenta en general el estudio de la caminería pero también lo mucho que queda todavía por andar.

La formación de la red caminera de un territorio es el resultado final de la actuación de una serie de factores, desde los físicos, como pueden ser el clima y el relieve, hasta los políticos y económicos, ya sean estos últimos formulados desde una instancia local o regional o se trate de una proyección desde la institución monárquica a nivel de todo el reino. Los caminos vertebran un territorio, permiten su control político y militar, aseguran su defensa, permiten los intercambios en el más amplio sentido y son, en suma, el reflejo de la sociedad a la que sirven.

Las fuentes para el estudio de los caminos son muy variadas y, por el mismo motivo, dispersas. A las tradicionales fuentes documentales, diseminadas en multitud de archivos, podemos añadir las fuentes jurídicas, los ordenamientos de Cortes, las ordenanzas municipales, las crónicas y obras literarias, así como las imprescindibles informaciones que brinda la arqueología. El estudio de los desplazamientos de los reyes es también muy ilustrativo, por cuanto permiten reconstruir los principales itinerarios camineros. Igualmente, tampoco podemos perder de vista las reales cañadas de la Mesta, en la medida que constituyen también una extensa y complicada red de comunicaciones, o la relación existente entre el proceso de urbanización de un territorio y la creación o afianzamiento de un camino.

Construcción y financiación están íntimamente relacionadas. Ninguna obra, por modesta que sea, puede hacerse sin unos determinados recursos económicos y éstos, en el caso de las obras públicas, pueden obtenerse de diversos procedimientos, que no siempre son iguales a lo largo del tiempo. Por lo que a la presente Ponencia se refiere debo aclarar que ha sido elaborada fundamentalmente a partir de la infor-

mación recogida de las Actas de las Juntas Generales de Álava, conservadas a partir de 1502, y que en la misma trataré únicamente algunos aspectos relacionados con la financiación de la infraestructura viaria en Álava entre finales del siglo XV y mediados del XVI, aproximadamente, prescindiendo en esta ocasión de la participación de la Provincia en la financiación de obras situadas fuera de su territorio, como fueron las de los puentes de Logroño, Lerma, Briviesca, Almazán, Oña, Poza, etc. Las Juntas Generales de Álava, supremo órgano representativo y de gobierno de la Hermandad Provincial, fueron asumiendo competencias nuevas, entre las que ahora destaco las relativas a la infraestructura viaria, que desbordaban ampliamente las establecidas en principio por las Ordenanzas de 1463.[10] Como es bien sabido los caminos son generadores de ingresos económicos a través del cobro de impuestos de tránsito, que benefician particularmente a señores y concejos, pero no es menos cierto que su construcción y mantenimiento suponen inversiones cuantiosas que es necesario financiar. El ejemplo de Vitoria nos ilustra perfectamente sobre cuáles han sido los procedimientos más habituales utilizados por los concejos para financiar el sistema viario local a fines de la Edad Media.[11] Pero ¿qué sucede con las Juntas Generales de Álava en el plano provincial?

La asunción de competencias en materia de infraestructura viaria por parte de las Juntas Generales de Álava arranca de los años finales del siglo XV y recibió un gran impulso gracias a la habilidad política del segundo Diputado General de la Provincia, Diego Martínez de Álava, verdadero «constructor» de la Álava moderna y cuya actuación política siempre se movió en correcta sintonía con las directrices generales inspiradas por los Reyes Católicos.[12] El primer testimonio de asunción de competencias sobre infraestructura viaria por parte de las Juntas Generales data de 1491. En dicho año, para financiar la reparación del camino de Villarreal a Ochandiano, solicitaron a los Reyes Católicos que durante «algund tiempo limitado que pudiesen echar a los caminantes alguna pequeña contía con que obiesen de ayudar para el rreparo de los dichos caminos e puentes e calçadas, para que con aquello e con lo que los dichos conçejos ayudasen pudiessen ser rreparados los dichos camynos e puentes e calçadas e malos pasos». La solicitud se hacía pues «la dicha villa de Villarreal, de cuya juridiçión son los dichos caminos fragosos, diz que es de tan poca poblaçión e los vezinos que en ella biben muy pobres, que apenas con todas sus faziendas se podrían rreparar los dichos caminos».[13]

Los Reyes Católicos mostraron una gran preocupación por la construcción y mantenimiento de la red viaria.[14] En las Cortes de Toledo de 1480 se comprometieron a enviar veedores por todos los reinos para comprobar el estado de la misma.[15] El Consejo Real controlaba las autorizaciones para la realización de las obras camineras, ordenando la realización de los oportunos informes previos sobre su necesidad y conveniencia.[16] Pero la Monarquía no disponía de una capítulo presupuestario específico para atender la financiación de tales obras. Serán los concejos quienes asumirán en su práctica integridad los costos derivados de la creación y mantenimiento de la infraestructura viaria, pues ellos son los primeros beneficiados por su buen funcionamiento y estado, pues así se facilitaba el abastecimiento local al tiempo que obtenían ingresos derivados del tránsito y tráfico de mercancías.

Para atender a la financiación de las obras de la red viaria, los concejos recurrían a fondos procedentes de los bienes propios y rentas concejiles, de repartimientos y derramas, de la imposición de sisas, de las multas cobradas a los infractores de las ordenanzas municipales, etc.[17] Por otra parte, la participación de los vecinos en la financiación de determinadas obras públicas, como el mantenimiento de la muralla, reparaciones de caminos, puentes, fuentes, etc., tiene un carácter general, por lo que no se reconocen las exenciones fiscales que afectaban a clérigos e hidalgos, tal como se recoge en la Tercera Partida[18] y se cumplía en el caso de Vitoria.[19]

En ocasiones la financiación caminera era también realizada por los propios usuarios, viajeros y mercaderes, a través de peajes, pontazgos, portazgos y de otros tipos de imposiciones, en cuya recaudación se incurrió en ciertos abusos, a pesar de las reiteradas disposiciones de los Reyes Católicos tratando de evitarlos.[20] En otros casos podían existir financiaciones de carácter mixto, en la que colaboraban tanto concejos como usuarios.

Desde finales del siglo XV, los Reyes Católicos descargaron sobre las distintas hermandades locales o sobre el conjunto de la Hermandad Provincial la responsabilidad de realizar la recaudación y el procedimiento para llevarla a cabo de cara a la financia-

ción de las obras de infraestrcutrua viaria. Las Juntas Generales en su conjunto son las que asumen el desarrollo competencial pero hay que destacar que con frecuencia van a descargar en el Diputado General, es decir, en Diego Martínez de Álava hasta 1533 y en sus sucesores, la capacidad para tomar las iniciativas oportunas en todos los asuntos relacionados con la infraestructura viaria. En 1504 las Juntas Generales reconocieron que el Diputado General tenía autorización de los Reyes Católicos para hacer reparar todos los caminos y puentes de la provincia, al tiempo que se establecía que las reparaciones corrieran a cargo de aquellos lugares en cuya jurisdicción se hacían las obras.[21] Posteriormente, en 1514, las Juntas otorgaron poder al Diputado General para mandar hacer todos los puentes y calzadas que le pareciesen necesarios, estableciendo que la financiación de tales obras correría a cargo de los lugares que resultasen beneficiados por las mismas.[22] Quedaban así perfiladas dos características que marcarán la pauta a lo largo del siglo XVI, es decir, el protagonismo del Diputado General y el procedimiento general de financiación de las obras de infraestructura viaria. Ambos extremos quedaron confirmados en 1536 por Carlos I. En dicho año, Pedro de Mena, procurador en la Corte y Consejo Real por la Hermandad Provincial, expuso ante dicho Consejo un informe sobre la situación de la infraestructura viaria en Álava, señalando que en dicho territorio «ay muchos pasos malos, a causa de estar algunas puentes caydas e mal rreparadas, e que ansimismo ay algunos caminos peligrosos, donde an peligrado algunas personas, e que si con tienpo no se rremediase y viniese el ynvierno, por ser la tierra fría y de la calidad ques, los caminantes y mulateros y viandantes rreçibirían mucho trabajo y peligro». Ante tal situación, Pedro de Mena solicitó al Consejo Real autorización para que el Diputado General completara la información sobre la situación de los puentes y caminos y diera la orden para la realización de las obras oportunas, que correrían a cargo «de la hermandad donde estuviese e de las otras hermadades que de ello rreçibían utilidad e provecho, de manera que los caminantes e mulateros pudiesen pasar y caminar por las dichas puentes y caminos sin peligro». El Consejo Real dio su conformidad a lo solicitado por Pedro de Mena y el 9 de diciembre de 1536 Carlos I dio la oportuna autorización al Diputado General para que, una vez completada la información, ordenara la ejecución de las obras.[23]

La apertura del puerto de Villafría y las constantes obras en el puerto de San Adrián son dos de las actuaciones más importantes y continuadas de las Juntas Generales en la infraestructura viaria alavesa en el siglo XVI.[24] A partir de 1511 y durante varios años uno de los asuntos que más ocuparon a las Juntas fue la apertura del puerto de Villafría, junto a Bernedo, que abría el camino de Vitoria a Logroño por Laguardia evitando el peaje navarro de La Población. La propuesta fue planteada en la Junta del 5 de mayo, a instancia de los de Logroño, sin duda interesados en facilitar la salida de sus vinos, y de momento de acordó recabar toda la información posible.[25] En 1515 se acordó que la financiación de las obras correría a cargo de Álava y de la ciudad de Logroño[26] y, dos años más tarde, por parte alavesa, se aprobó hacer una investigación para averiguar qué hermandades se beneficiarían más de la apertura del puerto, para que sólo entre ellas se hiciera «el rrepartimiento de lo que costare abrir el dicho camino».[27]

El camino mejor documentado en el siglo XVI es el de San Adrián, tanto por su importancia en las comunicaciones de Álava hacia Francia como por la necesidad de hacer constantes reparaciones en el mismo, pues la dura climatología invernal del puerto por el que discurría provocaba cuantiosos daños en la calzada. En cuanto a la financiación de las obras se procura que sea asumida por las hermandades que más se beneficiaban del camino, aunque en ocasiones podían ser ayudadas por las Juntas Generales, especialmente cuando había urgencia en la reparación, las cuales en algún caso llegan a asumir la financiación de toda la obra.[28] Por lo que a la historia de la construcción se refiere merece la pena recordar algunas de las características de la reparación que fue aprobada el 29 de julio de 1592. En el pliego de condiciones para la reparación de 657 estadios de calzada se decía que la obra debería realizarse «hechando en los lados de dicha calçada piedras creçidas y grandes que se an de poner de canto y no a lo ancho para su seguridad y firmeza, y la calçada muy vien hecha para que los viandantes de pie y de a cauallo que por allí passaren caminen con seguridad por ser el passo tan general e importante», aunque todo ello debería conseguirse «por el más vaxo precio».[29] Durante el mes de agosto de 1592 el Diputado General recibió diversas propuestas de precio que oscilaron entre 3, 5 y 2 reales el estadio de calzada, decidiéndose por la que presentó el empedrador Anto-

nio de Maespide, vecino de Lazcano, cuyo precio fue el de 2 reales y 15 maravedís cada estadio pues había dado garantía de que haría la calzada «vien hecha, fija y segura, y que la obra della la terná segura por tienpo de tres años», una vez acabada.[30]

Brevemente aludiré a la financiación de las restantes obras de infraestructura según los datos que proporcionan las Actas de las Juntas Generales. En 1514 las Juntas ordenaron a la hermandad de Berantevilla que hiciera a su costa un puente de piedra[31] en Lacorzanilla, pues pertenecía a su jurisdicción,[32] así como la reparación del puente de Arce, aunque a esto segundo se opuso el procurador de la hermandad. También fue ordenado a los lugares de Luco y Arzamendi la reparación de un puente a su costa, aunque podían buscar la colaboración de otros lugares, y Vitoria recibió la notificación para hacer el puente de Abechuco, lugar de su jurisdicción, ordenándose que «fagan la dicha puente con tres pilares de piedra e lo otro de madera de dos estados de ancho, so pena de diez mill maravedís para la obra de la dicha puente, e sy dixeren que algunos comarcanos son obligados a les ayudar a la fazer, que trayan ynformaçión antel diputado e les fagan sobre ello justiçia». Como norma general, se establece que el importe de las multas impuestas por no cumplir lo ordenado en materia de infraestructura viaria se aplicaba a la financiación de las obras.

Con frecuencia, la iniciación de las obras se retrasa considerablemente, por los problemas derivados de la financiación de las mismas. Todavía en 1521 no se habían iniciado las obras para construir un puente de piedra en Abechuco, y ahora se determina que la financiación del mismo correspondería en sus dos tercios a Vitoria y el tercio restante sería pagado por «los lugares y hermandades que gozan más de la dicha puente». Pero la obra se fue demorando y no parece que se iniciara hasta el verano de 1528. Poco antes las Juntas habían otorgado poder al Diputado General para que si la obra no se hacía en ese tiempo la ordenara hacer «a costa de las partes y rreparta el gasto que se yziere en ello». En 1527 vuelve a ordenarse a los de Berantevilla la construcción de un puente en Lacorzanilla, pagando ellos la mitad de su coste mientras que la otra mitad sería repartida por el Diputado General entre los lugares y personas que más utilizasen el puente, ordenando que las obras deberían estar concluidas el 24 de junio de ese año.

En la Junta de mayo de 1523 fue aprobado un mandamiento en virtud del cual se ordenaba que en el plazo que concluía en el día de San Miguel venidero todos los lugares y concejos en sus respectivos términos deberían proceder al arreglo de los caminos, puentes, calzadas y malos pasos, bajo multa de 10.000 maravedís si no lo hacían, con cuyo importe el Diputado General ordenaría la reparación. En el arreglo de los puertos de Arlabán, Garailuce, Ibarbalza y San Adrián, que «son puertos grandes», se establece que los lugares «en cuyo término están contribuyan lo que justamente pueden pagar, e lo otro lo rreparta —el Diputado General— en aquellos que más gozan e pasan por los dichos caminos».

En 1525 las Juntas dieron poder cumplido al Diputado General, aunque se trata más bien de la ratificación de la comisión que para tal efecto tenía concedida por el Rey y por las propias Juntas, para que hiciese una averiguación sobre el estado de todos los puentes de la Provincia y les haga «rreparar a costa de los conçejos que gozan e se aprovechan de las tales puentes».

En la reparación del puerto de Guereñu, ordenada en 1525, se emplearon ciertos dineros entregados por las Juntas a tal efecto a Miguel Díaz de Zuazola, vecino de Salvatierra, pero deberían intervenir también los concejos y lugares comarcanos. En este mismo año fue otorgada comisión al Diputado General y al escribano fiel para que hiciesen una averiguación sobre el estado de los caminos que hay entre Urrúnaga y Ochandiano, mandando que la reparación se haga a costa de las «comarcas que gozan e se aprobechan más de los dichos caminos».

En 1533 las Juntas ordenaron la reparación del camino que iba desde la llamada Casa Blanca hasta las Conchas de Haro, que había sido destruido en parte por las lluvias. La reparación correría a cargo de Salinillas de Buradón, que pagaría un tercio de la obra, y «las otras dos terçeras partes paguen los pueblos que están más çercanos que más se aprobechan del dicho camino».

En alguna ocasión puede recurrirse a la Corte buscando el respaldo para una iniciativa concreta, como sucedió en 1535 cuando se estimó conveniente proceder a la mejora de un camino, el del puerto de Ullíbarri Jáuregui a Bernedo, para que pudiesen pasar carros con lo que se facilitaría la comunicación con Logroño. Las Juntas decidieron «pedir probisión a la Corte para que las hermandades que más gozan del

dicho camino lo agan a sus costas, y para que los ganados que anduvieren traginando puedan gozar de las yervas y pastos que están junto al camino».

Constantemente se repite la doctrina de que las reparaciones de caminos, puertos y puentes deben hacerse a costa de las jurisdicciones donde están enclavados y de los lugares comarcanos. En 1537, el Diputado General con autorización de las Juntas delegó en Tomás de Retana, alcalde de hermandad, y en Iñigo de Ugarte, escribano, para que hiciesen un completo informe sobre la situación de todos los puentes, puertos y caminos provinciales para proceder a su posterior reparación si fuese necesaria. Las Juntas establecen que las reparaciones se harían «a costa de las tales jurisdiçiones e comarcanos, sin que sea a costa desta probinçia», aunque en la práctica era normal que la Provincia asumiera subsidiariamente una parte o el total de las reparaciones si no había más remedio, como se puso de relieve en 1539 con motivo de la reparación urgente del puerto de San Adrián para facilitar el paso del Emperador. En 1550 la hermandad de Morillas solicitó a las Juntas una ayuda para proceder a la reparación del puerto de Techa.

También las Juntas procuran que los pagos por las obras realizadas se efectuen con prontitud. Así, en 1539, ordenaron a los concejos de Lecámaña, Lezama, Barambio y Astóbiza que pagaran inmediatamente a Iñigo de Ugarte 6.000 maravedís por el puente que había hecho en Ciórraga.

La financiación de las obras públicas genera a veces conflictos y pleitos, unas veces porque se retrasan los pagos, otras porque los afectados tratar de eximirse de los mismos,[33] o bien por falta de acuerdo en el reparto de los gastos entre las partes implicadas, como sucedió en 1546 cuando la hermandad de la Ribera y la villa de Cuzcurrita de Río Tirón pleitearon sobre cómo debía distribuirse el coste de los arreglos efectuados en un puente de dicha villa que no pertenecía a la jurisdicción de la Provincia, por lo que ésta pretendía quedar exenta.[34]

Las Juntas Generales, por otra parte, suelen fiscalizar cómo se gastan las ayudas concedidas para las obras públicas,[35] llegando a reclamar la devolución de las mismas en el caso de que las obras no llegaran a realizarse.[36] A las Juntas compete también dar el visto bueno a las cuentas de Provincia presentadas por los contadores y a los repartimientos que se efectuen, tanto los de carácter general como los específicamente destinados a la financiación de obras públicas.

Por último me detendré en la financiación del puente de Quintana, asunto que se trata reiteradamente en las Juntas durante los años centrales del siglo XVI, a partir de 1549, y que provocó la presentación de un recurso ante el Consejo Real. En la sesión del 19 de noviembre de 1550 las Juntas otrogaron poder a Juan de Álava, Miguel Sáez de Vicuña e Iñigo de Ugarte para solicitar en la Corte que Laguardia, Salvatierra, las Ventas de Armiñón y Estavillo no tuvieran que contribuir, a título individual, en el repartimiento para la reparación del puente de Quintana, pues ya lo hacían en las derramas comunes de la Provincia, y evitar así una doble imposición. El presupuesto total de la obra ascendía a 150 ducados, pagaderos por tercios, aprobándonse la derrama del primer tercio en la sesión del 25 de noviembre, de cuya ejecución se encargarían los contadores. El reparto del segundo tercio fue aprobado en la sesión del 25 de noviembre de 1551, pero estableciéndose para evitar retrasos en la recaudación que se haría sólo «en las hermandades más copiosas y que mejor le pareçiese al senor diputado», aunque, finalmente, no se tuvo en cuenta este criterio, de forma que los dos primeros repartos tuvieron una distribución similar.[37] En la sesión del 25 de noviembre del año siguiente fue aprobado el reparto de los últimos 50 ducados, que es exactamente igual que los dos anteriores. Pero el presupuesto debió ser insuficiente, por cuanto en 1554 la Provincia tuvo que hacer frente a otro nuevo repartimiento de 50 ducados, de los que la mitad habían sido anticipados por la ciudad de Vitoria, cuya recaudación produjo algunas quejas por entenderse que el mismo era abusivo, y todavía en 1555 volvió a aprobarse un nuevo reparto de otros 50 ducados para pagar la obra del puente de Quintana . Pero las obras de reparación de este puente se prolongaron algunos años más, al menos hasta 1562.[38]

Como es natural, las Actas de las Juntas Generales de Álava proporcionan mucha más información relativa a la infraestructura viaria, en la que queda bien reflejada la preocupación constante de la institución por estas cuestiones. Para esta ocasión, no obstante, sólo he seleccionado aquellos testimonios referentes a las formas de financiación de las obras que se realizaban en caminos, puertos y puentes. Lamentablemente, salvo en algún caso excepcional, las Actas no

nos proporcionan datos sobre los presupuestos de las obras, la concreta distribución de los gastos de financiación entre las partes afectadas, y el porcentaje que las inversiones en infraestructura representaban en el conjunto de los presupuestos provinciales. Por todo ello resulta difícil definir con precisión la política caminera de las Juntas Generales, cuyas intervenciones parecen tener siempre un carácter puntual o coyuntural al margen de un plan preestablecido, aunque no es menos cierto que detrás de muchas de ellas estén los intereses económicos y las necesidades de abastecimiento de Vitoria, auténtica capital provincial desde finales del siglo XV.[39]

Notas

1. P. J. de Villuga, *Repertorio de todos los caminos de España,* Medina del Campo, 1546.
2. A. De Meneses, *Repertorio de caminos,* Alcalá de Henares, 1576.
3. M. Escribano, *Itinerario español o guía de caminos para ir desde Madrid a todas las ciudades y villas más principales de España; y para ir de unas ciudades a otras, y algunas Cortes de Europa,* Madrid, 1760.
4. D. Espinosa, *Manual de Caminos,* 1850.
5. P. Alzola y Minondo, *Historia de las obras públicas en España.* Estudio Histórico, 1899 (2ª reed., Madrid, 1994).
6 G. Menéndez-Pidal, *Los caminos en la historia de España,* Madrid, 1951, y *España en sus caminos,* Madrid, 1992.
7. *Caminería Hispánica,* Guadalajara, 1993, 2 vols., y *Caminería Hispánica. Actas del II Congreso Internacional de Caminería Hispánica,* Madrid, 1996, 3 vols..
8. *Caminos y caminantes por las tierras del Madrid medieval,* Madrid, 1994.
9. M. Portilla, *Una ruta europea. Por Álava, a Compostela. Del paso de San Adrián, al Ebro,* Vitoria, 1991. C. Gónzalez Mínguez y M.C. de la Hoz, *Infraestructura viaria bajomedieval en Álava. Documentos para su estudio,* Vitoria, 1991. A. M. Abella y García de Eulate, *Por Álava a Compostela en las rutas de Europa. Un camino de peregrinación alternativo,* Vitoria, 1992. E. García Retes y F. Sáenz de Urturi, «Caminos altomedievales alaveses», *Kultura. Ciencias. Historia. Pensamiento,* 6 (1993), pp. 43-58. M. C. de la Hoz, «Principales caminos en Araba hasta el siglo XVIII. su importancia y financiación», *Ibaiak eta Haranak. Guía del patrimonio histórico-artístico y paisajístico,* San Sebastián, 1990, pp. 113-128. ID., «La financiación del sistema viario local: el ejemplo de Vitoria en el siglo XV», *Kultura. Ciencias. Historia. Pensamiento,* 6 (1993), pp. 59-69. C. González Mínguez, «La Hermandad Provincial y la infraestructura viaria en Álava a fines de la Edad Media», *Ibídem,* pp. 71-80. ID., «Intervención de las Juntas Generales de Álava en la infraestructura viaria provincial en el tránsito del Medievo a la Modernidad», *Caminería Hispánica. I. Caminería Física,* pp. 419-434. ID, «Las Juntas Generales de Álava y la infraestructura viaria del siglo XVI», *Caminería Hispánica. Actas...,* tomo I, pp. 129-143. A. Azkárate y V. Palacios, *Arquitectura hidráulica en el Valle de Cuartango —Álava—,* Vitoria, 1994. ID, *Puentes de Álava,* Bilbao, 1996.
10. C. González Mínguez, «La Hermandad Provincial y la infraestructura viaria ...», e «Intervención de las Juntas Generales de Álava...».
11. M. C. de la Hoz, «La financiación del sistema viario local: el ejemplo de Vitoria ...».
12. C. González Mínguez, «Génesis y primer desarrollo de las Juntas Generales de Álava», *Actas de las Juntas Generales de Álava,* Vitoria, 1994, tomo II, p. XCVII y ss.
13. C. González Mínguez y M. C. de la Hoz, *Infraestructura viaria bajomedieval en Álava...,* pp. 142-145.
14. J. P. Molenat, «Chemins et ponts du Nord de la Castille au temps des Rois Catholiques», *Mélanges de la Casa de Velázquez,* 7 (1971), pp. 115-162.
15. «Item, que vean cómo están reparadas las puentes e pontones e calzadas enlos lugares donde son menester». *Cortes de los antiguos Reinos de León y de Castilla,* Madrid, 1882, tomo IV, p. 138.
16. R. Pérez Bustamante, «El marco jurídico para la construcción y reparación de caminos. Castilla, siglos XIV y XV», *Les Communications dans la Péninsule Ibérique au Moyen Age.* Actes du Colloque de Pau, 1980, París, 1981, pp. 163-178.
17. M. C. de la Hoz, «Principales caminos ...», p. 117.
18. Tercera Partida, Título XXXII, Ley XX.
19. C. González Mínguez y M. C. de la Hoz, *Infraestructura viaria bajomedieval en Álava...,* p. 55.
20. C. González Mínguez, «La Hermandad Provincial y la infraestructura viaria ...», p. 77.
21. Junta del 21 de noviembre de 1504. *Actas de las Juntas Generales de Álava,* Vitoria, 1994, tomo I, p. 68.
22. Junta del 13 de mayo de 1514. *Ibídem,* p. 359.
23. C. González Mínguez y M. C. de la Hoz, *Infraestructura viaria bajomedieval en Álava...,* pp. 186-187.
24. C. González Mínguez, «Las Juntas Generales de Álava y la infraestructura viaria...», pp. 134-138.
25. *Actas de las Juntas Generales de Álava,* tomo I, p. 255.
26. *Ibídem,* pp. 385-386.
27. *Ibídem,* p. 458.
28. Los detalles de la financiación de las obras del puerto de San Adrián pueden verse en C. González Mínguez, «Las

Juntas Generales de Álava y la infraestructura viaria...», pp. 135-138.

29. Archivo del Territorio Histórico de Álava (A.T.H.A.). Libros de Actas de Juntas Generales, Junta del 29 de julio de 1592.

30. *Ibídem.* La redacción del acta de la sesión del 29 de julio debió ser hecha en setiembre, y de forma sorprendente se incluyeron en aquella sesión diversos documentos fechados en agosto relativos a la adjudicación de las obras cuyo pliego de condiciones había sido hecho público el 29 de julio.

31. Sobre las características técnicas de los puentes bajomedievales puede verse el reciente trabajo de J. J. Arenas de Pablo, «Los puentes en la Baja Edad Media», *Tecnología y Sociedad: Las grandes obras públicas en la Europa Medieval,* Pamplona, 1996, pp. 111-151.

32. Actas de las Juntas Generales de Álava, tomo I, p. 366.

33. Como sucede en 1543 con algunos pagadores que no contribuyeron en el puente de Areta. *Ibídem,* p. 465.

34. *Ibídem,* tomo IV, p. 18.

35. En 1548 las Juntas Generales acordaron hacer un informe para averiguar qué se había hecho con los 10.000 maravedís concedidos por la Provincia a Juan López de Luzuriaga para la reparación del camino del puerto de San Adrián. *Ibídem,* p. 113.

36. Así se puso de manifiesto en 1548 cuando se concedió una ayuda para construir una lobera en la hermandad de Urcabustaiz. *Ibídem,* pp. 122-123.

37. La interesante distribución de lo que pagó cada hermandad puede verse en *Ibídem,* pp. 294-295.

38. A.T.H.A., Libros de Actas de Juntas Generales, Junta del 9 de junio de 1562.

39. C. González Mínguez, «Las Juntas Generales de Álava y la infraestructura...», p. 141.

Los tratados históricos como documentos para la historia de la construcción

José Luis González Moreno-Navarro

Son diversas las maneras de entrar en el análisis de los textos históricos que pueden aportar datos de enorme interés para el desarrollo de la historia de la construcción.

En ellos podemos encontrar muy diferentes niveles de abstracción. Desde el estatuto epistemológico que tienen los saberes de la construcción dentro de la arquitectura o la ingeniería, hasta aspectos bien concretos como, por ejemplo, qué procedimientos se disponían para encontrar piedras para elaborar la cal. Se han hecho muy pocos estudios[1] en este sentido, de manera que se puede afirmar que los tratados son un cantera en la que ni siquiera se ha iniciado su explotación.

Esta ponencia se enfoca hacia los niveles más abstractos que definen un aspecto esencial e imprescindible en el estudio de los tratados, el ya citado estatuto epistemológico del saber constructivo, que puede ser de muy diferentes tipos y cuyo conocimiento es necesario para poder determinar el valor de un tratado concreto. En esta ponencia se hace un recorrido sintético por las maneras más representativos de los tipos de incardinación del saber constructivo dentro del saber global. El método se basa en el análisis de las declaraciones programática del autor y en el análisis de la estructura de los contenidos.

El primer análisis ha de partir indefectiblemente del texto fundacional de la teoría de la arquitectura occidental, es decir el de Vitruvio.[2] Son varios los párrafos con los que Vitruvio pretende resumir su idea de Arquitectura, entre los cuales aparece la tríada, «fírmitas, utilitas, et venustas» a la cual el propio autor no da excesiva importancia. La estructura general del texto no responde a esta división tripartita. Siglos después, Alberti[3] introduce en la misma tríada las suficientes variaciones como para que su teoría cambie radicalmente con respecto a la de Vitruvio. La estructura y el contenido del tratado es totalmente coherente con esa declaración programática y en numerosos pasajes queda justificada con claridad. Sin embargo, aquel párrafo algo lateral de Vitruvio es el que hace fortuna y llega a tener tal influencia que se puede decir sin temor a errar, que nuestra Arquitectura hubiera sido diferente si no se hubiera formulado.

En contra de la creencia más generalizada, la tríada queda sin influencia en la estructura del tratado, a diferencia de lo que ocurre con tratados posteriores, como por ejemplo el de Blondel o el de Milizia,[4] en los que las tres cuestiones determinan incluso el número de tomos. Es fácil comprobar que para Vitruvio su tríada no tiene la trascendencia que alcanza a partir del siglo XVIII, y que no es más que una declaración parcial de objetivos sin ningún efecto estructurador.

A pesar de ello la influencia que ha tenido como tal declaración programática es realmente abrumadora, y es imprescindible, en consecuencia, dedicarle una cierta atención, citándola por completo. Vitruvio refiriéndose a los edificios públicos afirma:

> Estos edificios deben construirse con atención a la firmeza, comodidad y hermosura. Seran firmes cuando se profundizaren las zanjas hasta llegar a terreno sólido: y

> cuando se eligieren con atención y sin escasez los materiales de toda especie. La utilidad se conseguirá con la oportuna situación de las partes, de modo que no haya impedimento en el uso; y por la correspondiente colocación de cada una de ellas hacia el aspecto celeste que más le convenga. Y la hermosura cuando el aspecto de la obra fuere agradable y de buen gusto; y sus miembros arreglados a la simetría en sus dimensiones. (Ortiz, 1787)

Entre las innumerables consideraciones que se han hecho de este párrafo a lo largo de la historia, interesa destacar aquí lo que de él puede deducirse en relación a los medios para alcanzar los fines. Y la deducción más evidente es que la firmeza o la durabilidad sólo es consecuencia del proceso de puesta en obra, y que la utilidad sólo depende de la distribución. Con independencia de que eso fuera lo que realmente quería decir Vitruvio en una frase tan escueta, ésta es la intepretación que se consolida siglos más tarde.

Las consecuencias son evidentes: el conocimiento constructivo no influye en la concepción del edificio. La construcción es un ámbito de conocimiento propio de los operarios que el arquitecto sólo debe conocer para impedir que durante el proceso de la obra sus errores afecten exclusivamente a la durabilidad del edificio. El arquitecto sólo debe dominar las diferentes relaciones entre planta y función, y las claves de la adecuación estética. Si bien no se puede afirmar que esto mismo fuera lo que quiso expresar Vitruvio, su manera de desarrollar los contenidos de construcción no lo contradice. En su casi totalidad están dedicados a los materiales y a los procesos, y en bien pocas ocasiones se entra en cuestiones que afectan a decisiones de proyecto desde la construcción.

En cualquier caso la tríada, tal como la expresa Vitruvio, es incuestionable como relación de objetivos a alcanzar, ya que sin duda alguna, conseguir la adaptación al uso, la duración y el aspecto adecuado, son fines que mantienen su vigencia en la actualidad. El error radica en cómo en esta escueta frase, Vitruvio establece los medios para alcanzar esos fines. Frente al argumento de que no se puede esperar mayor claridad de una frase tan breve, se pueden apuntar que, como puede advertirse mediante la tríada de Alberti, la brevedad en la expresión no es incompatible con una conceptualización rica e integradora.

La sensibilidad actual no destaca con el énfasis que merece, la decisiva influencia que, contrariamente a Vitruvio, Alberti otorga al conocimiento de las razones de la construcción en la generación de la forma arquitectónica. Son varias las proposiciones y disposiciones genuinas del *Re AEdificatoria* en las que queda patente esa decisiva influencia.

Sin duda, la de mayor trascendencia es la definición de la terna de condiciones básicas que deben regir toda actividad arquitectónica. En el segundo capítulo del primer libro Alberti introduce los seis elementos fundamentales de su teoría edificatoria:

> De todo ello resulta que el objetivo de la edificación se articula mediante seis partes: el ambiente, el área, la subdivisión, la pared, el techo y la abertura.

Para Alberti, las condiciones que deben cumplir todas esas partes, son:

> Pensando en cuáles cuestiones son apropiadas para cada una de las partes antes dichas, se pueden proponer tres principios fundamentales que se adaptan perfectamente, sea a los techos, sea las paredes, sea a todo el resto. Cada una de estas partes debe ser: bien adaptada al uso al que es destinada, y principalmente saludable; en relación a la resistencia y duración, compacta, sólida e indestructible; con respecto a la bondad del aspecto, elegante, armoniosa y ornamentada en todas sus partes. (traducción propia)

Son tan evidentes las diferencias con la escueta y casi casual formulación de Vitruvio que sorprende extraordinariamente que la crítica actual o histórica no las haya mencionado.

Las dos diferencias más decisivas se basan, por un lado en que la exigencia de utilidad, es decir la correcta adaptación al uso, depende de todas las partes del edificio, (los muros, las cubiertas, etc.) y no es sólo consecuencia de la distribución, y por otro, en que no sólo la la puesta en obra de todas esas partes es esencial para la consecución de la durabilidad, sino también y de manera especial su concepción, su forma, su diseño.

Tanto la estructura general del tratado y sus contenidos, como la manera de entender los objetivos del saber constructivo quedan determinadas por esta tríada genuina de Alberti. La homogeneidad del tratamiento de exigencias y soluciones es uno de los rasgos que más directamente se derivan de ella.

La lectura del tratado Albertiano, permite afirmar que constituye un modelo casi perfecto de integración del saber constructivo en la teoría arquitectónica, pero a pesar de ello y como queda comprobado con el estudio de los tratados históricamente poste-

riores, queda totalmente relegado, salvo notables y escasas excepciones el modelo dominante a partir del siglo XVII es el del remoto o el de Vitruvio.

El análisis de los tratados publicados en el siglo XVI y XVII permite comprobar la veracidad del aserto anterior en relación a la influencia de Vitruvio. Ninguno de ellos, salvo el de Palladio, es continuador de la estructura del texto de Vitruvio, ni tan siquiera perpetuador de la tríada como tal. Como prueba de ello, y por afectarnos especialmente a nosotros, es interesante citar las ideas fundamentales que definen el tratado de Fray Lorenzo de San Nicolás.[5] A pesar de que el autor más citado por el fraile agustino es Vitruvio y que todo el libro está salpicado de citas sobre él, su manera de entender la relación entre arquitectura y saber constructivo no debe nada a Vitruvio, la tríada no está no explícita ni implícitamente presente. La manera de entender dicha relación se puede deducir de la ordenación o de la estructura con la cual se suceden los diferentes capítulos, que no es otra que la sucesión de las fases necesarias para construir un edificio, pero, y esto lo especifica Fray Lorenzo, un recorrido total del proceso que incluye la concepción, la verificación y el propio proceso con su control, abarcando todos los campos de la actividad edificatoria del arquitecto. Como características fundamentales que pueden definir este esquema de ordenacion se pueden destacar las siguientes:

– la alternancia equilibrada de cuestiones relacionadas con la concepción de los edificios y cuestiones relacionadas con su proceso de construcción,
– la alternancia equilibrada, dentro de las cuestiones de concepción, de las relacionadas con la estética del edificio, con su uso y las exigencias de permanencia,
– la alternancia equilibrada, dentro de las cuestiones dedicadas al proceso, de lo relacionado con las exigencias propias del proceso, y con las exigencias del comportamiento posterior una vez construido el edificio.

Queda claro que, a pesar de su declarada adscripción a Vitruvio, la influencia del romano es totalmente nula, al menos en lo que se refiere a la manera de concebir su libro.

No existe una sucesión tipológica o una división en tres ramas sin interrelación. La tríada ni siquiera es mencionada. La Arquitectura es un continuo, es una actividad continua en la que se suceden las diferentes fases necesarias para llegar a materializar un edificio, fases que van desde su concepción hasta el último detalle propio de su proceso de construcción, en el cual intervienen todos los factores que determinan la arquitectura, las necesidades estéticas, las necesidades de uso, y el comportamiento material que determina la permanencia.

Con la publicación del tratado de Fray Lorenzo se cierra un período en el que la influencia de Vitruvio se da sólo en algunos casos, como el de Palladio. Tanto las ideas generales y la estructura ordenadora, como los contenidos de los tratados analizados, son independientes de las ideas del romano. Sin embargo, el panorama cambia radicalmente a partir de la publicación del *Compendio* de Perrault.[6]

De los esquemas estructuradores de todos los tratados publicados antes de la obra del médico francés, no es posible deducir que el saber constructivo se limita exclusivamente a cuestiones de proceso y que sólo es útil para razonar sobre la durabilidad de los edificios. Ni siquiera en el tratado de Vitruvio aparece explícitamente ninguna afirmación en tal sentido. Sólamente se puede llegar a esa conclusión con una escueta interpretación de las tres fases con que Vitruvio define los objetivos de los edificios públicos ya citadas anteriormente. Pues bien, eso y la relación biunívoca y excluyente entre comunidad y distribución, belleza y decoración, junto con la vigencia de la construcción romana a mediados del siglo XVII, es lo que se deduce del esquema estructurador del compendio del tratado de Vitruvio realizado por Claude Perrault. Es una transformación del tratado primigenio que llega a determinar toda la teoría académica de los siglos XVIII y XIX, y que se basa en la división de los factores arquitectónicos en tres ámbitos estancos entre sí. Es la teoría que denominamos tripartita y que tiene en Blondel y Milizia sus más notables propagadores. La constatación de que antes del compendio de Perrault no existe ningún otro tratado dividido en las tres ramas totalmente independientes junto con su indiscutible y potente influencia en Europa durante el siglo XVIII, permite formular la hipótesis que asigna a Perrault el papel de principal iniciador de la transformación del pasaje vitruviano definidor de la tríada y conformador de la teoría arquitectónica tripartita.

Es importante destacar los rasgos que definen la biografía de Perrault y que habitualmente quedan sin reseñar en los ensayos de arquitectura que hacen referencia a su obra. Claude Perrault, de hecho no tenía nada que ver con la arquitectura, y esta afirmación se puede comprobar leyendo la biografía publicada por Antoine Picon.[7] Claude Perrault era un médico que a lo largo de su vida se dedicó fundamentalmente a los estudios de fisiología animal. Sus libros sobre la composición fisiológica de los animales son además una muestra de la importancia que le dio a la expresión gráfica de esos conocimientos que se refleja en sus versiones de la obra de Vitruvio. De hecho, su muerte fue debida a una infección que le afectó después de la disección de un camello. Que en este contexto se le encargara la traducción de una obra de arquitectura, sólo se puede entender por el hecho de la enorme influencia que tenía su hermano Charles en la corte de París y en Colbert, ayudado por el hecho de conocer el idioma latino. Sus atribuídas influencias o autorías de la fachada oriental del Louvre, del Observatorio de París, etc. son realmente atribuciones sin corroboración documental clara. El que la obra realmente suya, el Compendio del tratado de Vitruvio, tergiverse el carácter sintético de la arquitectura en una visión estrícticamente analítica y fragmentada en tres ramas autónomas, no es sino una consecuencia absolutamente obvia de su estructura mental. Estructura formada a lo largo de toda su vida dedicada al análisis de los organismos vivos, que evidentemente en ningún momento recomponía y volvía a dar vida. La comprensión del problema de la arquitectura hubiera requerido una visión sintética de la que carecía por completo. No deja de ser un hecho distintivo bastante sorprendente el que una de las obras que mayor influencia ha tenido en la conformación de la teoría arquitectónica y del consecuente estatuto epistemológico del saber constructivo esté escrita por la mano de un médico fisiólogo. Pero además la revalorización de los métodos constructivos romanos totalmente obsoletos en el XVII, confieren a su teoría de la construcción un cierto carácter de conocimiento abstruso y descontextualizado sin precedentes en los tratados anteriores, que legitimado por la autoridad vitruviana a los ojos de los poco expertos, se perpetuará en mayor o menor medida en bastantes tratado posteriores. Una comprobación de todo ello es la versión que hace Perrault del *Opus caementicium*. En primer lugar, su incapacidad para comprender, no sólo cómo construían los romanos sino los pricipios básicos del construcción. En segundo lugar, que su influencia llega a personas de probada solvencia profesional pero que adoptan su errónea versión.

La autoridad alcanzada por Perrault y su *Compendio* puede venir representada por la opinión de José de Hermosilla, expresada en su tratado manuscrito:[8]

> Mons. Perrault a últimos del siglo pasado tradujo al idioma francés el mismo texto. Y habiendo observado después, que ni en su traducción ni en la antecedente, ni en varios compendios de Vitruvio que ya se habían publicado, se pusieron en orden las materias que sin acomodada distribución, y harto confusamente contienen sus libros, se resolvió a formar un compendio admirablemente ordenado de todas ellas. Este compendio fue traducido repetidas veces del francés al italiano, y en una y otra lengua conserva la merecida estimación.

Sin duda, Hermosilla intenta justificar la determinante influencia que el médico francés ejerce sobre él. Carente de la corrección rigurosa que hubiera exigido su publicación, la espontaneidad convierte el manuscrito en un testimonio muy útil para detectar las opiniones reales de un arquitecto que, aunque sometido a la autoridad del tándem romano-francés, es eminentemente práctico y no propenso a disquisiciones teóricas. La incapacidad de la tríada de Vitruvio-Perrault para estructurar la relación entre saber constructivo y arquitectura, queda, en consecuencia, claramente puesta de manifiesto. La estructura general del manuscrito es igual a la de Perrault, excepto el cambio de orden, entre el segundo y tercer apartados: el libro primero se dedica al estudio de la construcción, el segundo es a la hermosura y el tercero a la comodidad.

El orden de los contenidos de construcción no difiere del adoptado por Perrault, excepto a partir del tema VI. Mostrando cierta perplejidad, al iniciar el capítulo V, Hermosilla duda sobre cuál es el lugar adecuado para incluir el tratamiento de los pavimentos:

> Aunque los Pavimentos, o Suelos podrán comprenderse más propiamente bajo el tratado de la Comodidad, que del de la fortaleza de un edificio, sin embargo por tratar seguidamente de todas las partes de estos he determinado hablar de aquéllos en este lugar.

También duda cuando comienza el estudio de los enlucidos, en el capítulo VIII:

> Los enlucidos deberían colocarse en el tratado de la hermosura de los edificios; pero o por que los considero parte de los Muros, o por que trato de ellos con respecto a la firme union que deben hacia éstos, me ha parecido conveniente explicarlo en este lugar.[13]

Hermosilla sigue confuso cuando intenta encontrar el lugar apropiado para el tratamiento de las cubiertas y tejados al principio del capítulo IX:

> No menos que los capítulos antecedentes para las materias, pudiera parecer incongruo este lugar para tratar de esta parte de los edificios; pero por dejar en este libro explicado lo que pertenece a todas he tenido por conveniente concluirlo, con lo que concluyen todas las fábricas (a excepcion de las de Madrid) que es el Tejado. Ni en Vitruvio, ni en sus comentos y compendios he hallado reglas algunas que prescriban el modo de construirlo.[14]

Las dudas de Hermosilla no hacen sino poner de relieve la contradicción con la que están formuladas las categorías vitruvianas, cuando el único objetivo del conocimiento constructivo es la solidez. La influencia de Perrault sobre Hermosilla se advierte definitivamente en el capítulo IV, donde realiza el estudio de los muros antiguos y contemporáneos. Hermosilla describe las siete especies de muro que consigue ordenar Perrault a partir del confuso tratamiento de Vitruvio prácticamente al pie de la letra, incluyendo los errores del «insertum» y del «reticulatum». A pesar de su experiencia de trece años de trabajo en obras en Madrid y su estancia en Roma, Hermosilla queda atrapado por el prestigio de Perrault y es incapaz de enmendar sus graves errores.

La división en tres partes estancas entre sí, siendo una de ellas la construcción en su versión más ensimismada es la manera que se tiene que desarrollar la teoría arquitectónica a lo largo del XVIII, del XIX y en realidad buena parte del siglo XX. En todo este panorama es difícil encontrar autores que puedan sustraerse de la influencia de Perrault, y, sin duda el que destaca por encima de todos en ese sentido es Viollet-le-Duc.

Sus biógrafos han destacado su espíritu independiente como una de las características esenciales de su desarrollo de adolescente. En función del entorno en que madura en su infancia y primera juventud, decide no asistir a las clases de Beaux-Arts, con la consiguiente independencia del pensamiento oficial y que alcanza también, lógicamente, a la autoridad de Vitruvio y su version perraultiana de la tríada. Las consecuencias de todo ello son numerosas. Seguramente la más importante es que la relación entre fines y medios recibe un tratamiento basado en el razonamiento libre, sin corsés impuestos. En Viollet todos los fines se establecen con igual prioridad, obviamente distinguiendo aquéllos que forman parte de la razón práctica de los que forman parte de la razón subjetiva, y simultáneamente, analiza los medios sin establecer ningún tipo de ligazón a priori entre unos y otros. Todo ello puede constatarse a través de la lectura de los *Entretiens.*[9] Dada su estructura sin ninguna semejanza a la del tratado habitual, no existe una exposición inicial en la que Viollet explicite irectamente cuál es su idea esencial. Ésta aparece en diversos lugares del texto al hilo del análisis de las arquitecturas históricas. El décimo «Entretien», de título «Sobre la arquitectura en el siglo XIX. Sobre el método», reúne la mayoría de criterios que conforman su teoría. Es de destacar que Viollet utiliza en su argumentación los cuatro punto sel método cartesiano. Vuelve a estar presente en el siglo XIX una teoría arquitectónica no basada en esquemas estereotipados, en la que el primer problema consiste en alcanzar unos objetivos con unos medios con la forma más adecuada posible. Y para que ello sea posible, Viollet exige como primera condición una adecuación de la forma al material y en general una adecuación a los recursos económicos. Lógicamente, rotos estos corsés, en los «Entretiens» dedicados a la vivienda, Viollet establece una clara relación entre la estructura constructiva y la consecución de la comodidad, o utilizando un anglicismo, el *comfort.* En el «Entretien» 17, después de haber hecho un recorrido por las diferentes distribuciones de un edificio, entra en la participación de la construcción en el objetivo global. En el «Entretien» 18 insiste en esta cuestión al considerar que la sustitución de los forjados de madera por los de vigas metálicas, ha de suponer un cambio radical en la constitución de los propios muros. Son varios los párrafos que dedica al tema demostrando su absoluta libertad para hablar de todas las exigencias. Y entre éstas, al igual que Alberti, no podía faltar el confort acústico.

Las referencias a la adpatación del ambiente a las necesidades de los usuarios, imposibles de teorizar siguiendo la teoría tripartita, de hecho no habían apare-

cido en un trtado de arquitectura desde Alberti, que, con su esquema estructurador bien diferente al de Vitruvio y no digamos al de Perrault, dedicó páginas memorables a la cuestión. Los dos autores quedan, tal como sugiere Summerson[10], como dos torres que todavía, al final del siglo XX, nos pueden suministrar gran cantidad de ideas que permitan superar el todavía no extinguido legado de Vitruvio. La constatada ineficacia de éste para entroncar correctamente las razones constructivas con el quehacer arquitectónico se resuelve parcialmente, a final del siglo XIX, mediante el éxito relativo de la potente teoría de Viollet-le-Duc que, al menos, consigue hacer desaparecer la tríada de la teoría arquitectónica, tanto de sus propios escritos como en los algunos teóricos de fin de siglo, y algunos de los más notables del Movimiento Moderno, como Le Corbusier. Sin embargo, esta ruptura es incapaz de disminuir un ápice la influencia del legao en los centros de formación de arquitectos más influyentes, como la École de Beaux-Arts. En ésta, junto al olvido de la aportación más interesante de Viollet, se produce la reafirmación de la teoría tripartita, a través precisamente del profesor de construcción Arnaud, que, reafirmada también por Gromort, queda definitivamente como teoría vigente en las décadas siguientes.

NOTAS

1. González Moreno-Navarro, J. L., *El legado oculto de Vitruvio*, Alianza Editorial, Colección Forma 116, Madrid, 1993. Casals Balagué, A., *La Construcció Arquitectònica i la crisi de la tradició.* Tesis doctoral. U.P.C. Barcelona, 1992. Jorge Galindo, *El saber constructivo de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, Tesis Doctoral, U.P.C., Barcelona, 1996.
2. Vitruvio Polion, M., *De Architetctura libri decem*, Roma 1486. Original del siglo I a.C. Versión en castellano *Los Diez Libros de la Arquitectura. Traducidos y comentados por Joseph Ortiz y Sanz*, Madrid, 1787.
3. Alberti, L. B., *Re Ædificatoria*, Florencia 1485. (Época de redacción 1447-1452. Original en latín).
4. Blondel, J. F., *Cours d'Architecture ou Traité de la decoration, distribution, et construction des bâtiments, contenant les leçons données en 1750 et les années suivants, par...*, 6 vols. de texto y 3 de láminas, París 1771-1777. Los dos primeros volúmenes están dedicados a la «decoration» según la teoría de los órdenes.
   El tercer y el cuarto tratan de la «distribution» y el quinto y el sexto a la «construction». Estos dos últimos fueron escritos por Pierre Patte.Francesco Milizia, *Principj di Architettura Civile,* 3 vols., Finale, 1781.
5. Fray Lorenzo de San Nicolás, *Arte y uso de la Arquitectura* (S.l.) 1633(?).
6. Perrault, C., *Abregé des dix livres d'architecture de Vitruve,* París 1674.
7. Picon, A., *Claude Perrault ou la curiosité d'un classique.* París 1988.
8. Joseph de Hermosilla y Sandoval, *La Architectura Civil de ...* Roma 1750. Manuscrito conservado en la Biblioteca Nacional de Madrid. Mss/7573.
9. M. Viollet-le-Duc. *Entretiens sur l'Architecture*, 2 vols., París 1863-1872.
10. Summerson, J., «Viollet-le-Duc and the Rational Point of View», en *Heavenly Mansions*, Londres, 1949.

Miguel Primo de Rivera y Orbaneja (1923-1930). Aproximación histórica a un análisis del poder en su proyección sobre la arquitectura civil

Miguel Ángel González Rodgers

Una ocasión como la presente invita y posibilita a una reflexión acerca de la íntima relación existente entre cada época y el poder que la preside.[1]

Resultaría difícil acometer este ejercicio sin antes sentar que el poder es un concepto profundamente teórico a pesar de que nos refiramos continuamente a algo tangible. El poder, a juicio de Barry Barnes, es razonable e invariablemente una capacidad del individuo para hacer cosas derivada de la posición que ocupa en la sociedad.[2] De tal modo que el arquitecto que concibe un proyecto, el constructor que lo ejecuta y el promotor que lo financia se ven implicados, según Antonio Navareño,[3] en un reto imaginativo, técnico y económico que tiene como objetivo proyectar la imagen del promotor.

Slomo Ben Ami sostiene que el golpe de Estado de Primo de Rivera el 13 de septiembre de 1923, resultó ser el último pronunciamiento español que consiguió de modo tan pasivo la toma del poder.[4] Según José Manuel Armiñán el alcance de este objetivo venía fundado en el convencimiento personal del dictador de realizar una misión providencial.[5] Es de todos conocido que su formación albergaba una fuerte convicción religiosa, y así lo reconoce Rodríguez Tarduchy o el canónigo José Montagut cuando lo elevan a la categoría de salvador de España.[6] Sin embargo no es hasta la obra de Manuel Gandarias,[7] donde se pone de manifiesto que su idea del orden-divino tenía bastante que ver con una reconstitución material de la Nación. En resumen se trataría de un intento de transferir directamente los imperativos de un orden, que las instancias superiores parecen dictarle, a sus dominios territoriales.[8]

El propio Primo de Rivera en continuas declaraciones dejó claro que estaba operando una verdadera revolución política, económica y social.[9] Si esta última premisa la relacionamos con lo anterior es posible que en consecuencia aparezca en nuestro horizonte una pregunta: cómo podía y debía llevar a cabo tal conjugación.

La clave de su Gobierno residía en estar formado por un conjunto de personas muy afines a él y partícipes, en gran medida, de la modernización de la sociedad española.[10] En honor a la verdad sólo determinados ministerios iban a ser considerados como piezas indispensables para forjar y desarrollar la concepción política primorriverista.

Analizando la titularidad de los ministerios puede deducirse que las tres personas sobre las que se articulaba el régimen eran José Calvo Sotelo en quien recayó la cartera de Hacienda Nacional tras la salida del general Muslera, cuando la dictadura militar pasó a dictadura cívico-militar. Martínez Anido que ostentó el de la Gobernación. Y Rafael Benjumea Burín más conocido por su título de conde de Guadalhorce que ocupó el Ministerio de Fomento.[11]

Regino Borobio Ojeda en una pincelada corrida por las ideas arquitectónicas en que vivía España a comienzos de los años veinte: cuando él apenas acababa de salir de la escuela,[12] señala que el confusionismo arquitectónico era evidente por toda la geografía. De manera que uno podía encontrarse partidarios

de proyectos Regionalistas, Montañeses o Monumentalistas, algunos con obras ya construidas. Incluso existía un grupo heterogéneo de arquitectos, que gracias a las becas para ampliar estudios que el Estado concedía o de su propio pecunio, salían al extranjero para tomar contacto con lo que allí se estaba haciendo. Es lógico que este conjunto de personas con el tiempo no sólo tratasen de importar nuevas ideas, sino que mantuviesen divergencias en cuanto a la forma y los modelos de construcción vistos en la Península.

Bernardo Giner de los Ríos, al repasar lo que fue del período de la dictadura de Primo de Rivera, lo destaca como uno de los ciclos cronológicos más enriquecedores para la historia de la construcción en España.[13] Hasta tal punto resulta cierto que a la altura de 1926 se celebró en España el I Congreso de Urbanismo. Fueron invitados Calvo Sotelo, Martínez Anido, el doctor Callejo Ministro de Instrucción Pública, Vallellano alcalde de Madrid, López Otero y Nebot directores de las escuelas de arquitectura de Madrid y Barcelona respectivamente, y un nutrido elenco de arquitectos: ofrece esto, una idea aproximada del grado de implicación política que tenía la materia.

El 10 de octubre de 1927 tuvo lugar la apertura de la Asamblea Nacional, desde este órgano se canalizaría la acción del Gobierno en todos sus ámbitos. Particularmente nos interesa conocer los trabajos de la Comisión Nacional de Obras Públicas dado que será el núcleo central de donde saldrán los proyectos constructivos y de reformas. Su composición nominal era la siguiente:[14]

1. Nicanor de las Alas Pumariño
2. Luis Beltramí Urquiza
3. Enrique Cano Ortega
4. Mariano Foronda González
5. Rodolfo Gelabert Viana
6. José Medina Togores
7. Luis Melo de Portugal
8. Román Pérez Romeu
9. Antonio de Gregorio Rocasolano
10. José Soto Requera
11. Alfonso Torres López
12. Teodoro de Anasagasti Algán

El hecho de estar formada esta Comisión por un amplio expectro de personajes de la vida pública, enriqueció notablemente la orientación de sus objetivos. Baste citar como ejemplo la influencia que tuvo el arquitecto Teodoro de Anasagasti Algán: aquél autor de los proyectos atrevidos en el monumento a la Reina María Cristina en la isla de Santa Clara de San Sebastián.[15] Sin embargo pese a no gozar todos de una experiencia similar, sí que supieron ir incorporando conceptos nuevos que estaban directamente relacionados con la modernización de la sociedad y con las ideas de Primo de Rivera. No hay que dejar de lado que habían sido escogidos, la mayor parte de ellos para esta labor, por el mismísimo dictador.[16]

José Pemartín, amigo de la infancia de Primo de Rivera, dice de éste que con su golpe de Estado salvó de las ruinas ciertos valores de la sociedad que habían entrado en decadencia.[17] Fuera o no cierto, el juicio de un amigo contiene como es natural dada su procedencia, una falta de visión general de otros aspectos como pudieran ser la evolución del conjunto humano y la necesidad que las sociedades sufren de ser continuamente sometidas a una regeneración.

Este hilo conductor parece apropiado para traer a colación la importancia que tuvieron varias figuras claves del sistema:

En primer lugar dos células administrativas sin cuya participación habría sido bastante complicado la consecución del plan de Primo de Rivera. De un lado las diputaciones provinciales y de otro los municipios, pese que aún en nuestro días resulta poco comprendida la misión que ambos realizaron.[18] Y es que de nada habría servido tener una Comisión de Obras Públicas a escala nacional si a la hora de plasmar la teoría sobre el terreno, la propia administración se encontrara sin medios.

En segundo lugar durante los años anteriores del acceso al poder de Primo de Rivera un grupo significativo de técnicos, en todas sus escalas, fueron incorporándose a los ayuntamientos de las grandes ciudades españolas.[19] De manera que la llegada del nuevo Gobierno cogió «sentados» a muchos personas que trabajaban ya en planes urbanísticos pero con serias deficiencias, en cuanto a dotaciones presupuestarias se refería. Así, el primorriverismo, vino a salvar del posible olvido los proyectos de hombres inscritos ya, en un movimiento reformista que había venido siendo alimentado por la Institución Libre de Enseñanza.[20]

Madrid fue una de las ciudades que más acusó la transformación de su fisonomía. Si 1921 había ser-

vido para construir el primer tramo de la Gran Vía;entre 1926-1929 se aprovechó en realizar el segundo trozo, sobre el que sería uno de los grandes ejes de la ciudad. La tendencia al monumentalismo como manifestación directa de una España prospera y en desarrollo,[21] apareció en gran medida por imposición del Estado. Los concursos públicos apartaron a los jóvenes arquitectos, salvo excepciones, porque fueron sistemáticamente amañados, con lo que se impuso un modelo hasta la fecha poco conocido en España. En estas fechas Cárdenas y Weeks alzan el edifico de la Compañía Nacional de Teléfonos; Zuazo el Palacio de la Música; Muguruza el Palacio de la Prensa. Pero quizá el mejor representante sea Palacios Aramillo que «lleno» Madrid de edificios solemnes como son el Palacio de Comunicaciones, el Banco del Río de la Plata etc.

La capital del Estado no fue la única que se transformó pues Barcelona: y ello tiene mucho que ver con la ayuda prestada por la burguesía catalana en la toma del poder por Primo de Rivera; también sufrió una seria transformación apareciendo los edificios del Banco de España de Goday y Torres; la Plaza de Cataluña de Bona y las obras con motivo de la exposición universal que debía albergar esta ciudad: de la que puede destacarse el Palacio Nacional de Folch y Torres.

Sevilla se vio «invadida» de arquitectos deseosos de atender las necesidades del Estado. Así se apostó por un revivalismo historicista en un deseo de entender la actitud nacionalista de la arquitectura, donde se destacarían los seguidores de Lampérez Romea: un Aníbal González o Leonardo Rucabano.

La arquitectura española de esta época, es evidente que no solo giró en atender al Estado. Hay que señalar también la aparición en escena de una burguesía que comenzaba a necesitar de los arquitectos, no tan sólo en la edificación de las sedes de sus negocios sino en sus casas particulares: en donde el modelo del Montañismo supo calar mejor, sobre todo en la España húmeda.

Berndt Heide[22] a venido a demostrar que en las construciones de estas fechas, se trataba de obtener una mayor fuerza emocional a lo que se añadía un carácter de funcionabilidad. Esto último, debió constituir una razón de peso cuando se trataba desde altas instancias de acentuar el ritmo de crecimiento.

La caída de la dictadura permitió a la II República profundizar sobre las cuestiones que el régimen anterior había abierto.

Quizá una de ellas fue incentivar la magnífica obra llevada a cabo por Primo de Rivera desde el Ministerio de Instrucción Pública y el de Fomento, en la construcción de escuelas: destacándose aquí arquitectos de la talla de Antonio Flórez Urdapilleta o Modesto López Otero.

Conclusión

España transitó por un de los períodos más estables de su historia lo que permitió un crecimiento económico y social continuado hasta la aparición de la crisis de 1929. La arquitectura supo recoger estos frutos, y poner su granito de arena, al dar forma a los planteamientos de una dictadura concebida por y para la modernización de la sociedad española.

La coordinación política entre la Comisión de Obras Públicas y los Ministerios de Fomento, Hacienda Nacional, Gobernación e Instrucción Pública deja de relieve el espíritu de unos hombres embarcados en convertir a España en una Nación avanzada. Sea a la memoria de su trabajo a la que dedicamos nuestro artículo.

Notas

1. Véase la obra de Marrao, G., *Poder y secularización,* Ediciones Península, Barcelona, 1989, pp. 5-10.
2. Barnes, B., *La naturaleza del poder,* Ediciones Pomares-Corredor, Barcelona, 1990, pp. 11-21. Este autor ha trabajado sobre las teorías y los conceptos del poder en Weber, M., *The theory of social and economic organization,* Free Press, Chicago, 1947. Wrong, D., *Power: its forms, bases and uses,* Basil Blackwell, Oxford, 1979. Luhmann, N., *Trust and power,* New York, John Wiley, 1979 y Clegg, S., *Power, rule and organization,* Routledge and Kegan, Londres, 1979.
3. Navareño Mateos, A., «La imagen de la arquitectura y el lenguaje del poder», en Díaz Barrado, M., (Coord.), *Las edades de la mirada,* Universidad de Extremadura, 1996, pp. 257-286.
4. Ben Ami, S., *La dictadura de Primo de Rivera,* Edit. Planeta, Barcelona, 1983, p.62.
5. Armiñán, J. M., *Epistolario del dictador,* Javier Morata editor, Madrid, 1930, p.27.
6. Rodríguez Tarduchy, E., *Psicología del dictador y caracteres más salientes morales, sociales y políticos de la dictadura española,* Imprenta Artística Saéz Hnos, Madrid, 1929, p.104. Montagut, J., *El dictador y la dic-*

tadura, Talleres Gráficos de Antonio Gost, Barcelona, 1928, Cap, V. p. 79 y ss.

7. Gandarias, M., *Perfiles psíquicos del dictador Primo de Rivera y bosquejo razonado de su obra,* Escuelas Profesionales Salesianas, Cádiz, 1929, p.103.
8. Sería interesante ver el trabajo de Bentmann, R., y Müller, M., *La villa como arquitectura del poder,* Barral Editores, Barcelona, 1975, p. 44-50.
9. Primo de Rivera, M., «La obra constructora de la dictadura», en Pemán, J. M., *El pensamiento de Primo de Rivera,* Imprenta Artística Sáez Hnos, Madrid, 1929, p. 363.
10. Estas consideraciones las encontramos en Díaz Barrado, M. P., *Palabra de dictador. General Primo de Rivera. Análisis de discursos (1923-1930),* Servicios de Publicación de la Universidad de Extremadura, Cáceres, 1985, pp. 1-23.
11. Un rápido repaso por la nomenclatura del Ministerio de Fomento nos lleva a su creación bajo Real Decreto de 20 de septiembre de 1851. El 31 de marzo de 1900 queda suprimido y se vuelve a instaurar en 1905. El Real Decreto de 3 de noviembre de 1928 que reorganizaba la Administración Central del Estado, estableció un nuevo deslinde de competencias quedándosele asignado Obras Públicas, Ferrocarriles, Minas, Montes, Pesca y Caza. En Guía del Archivo General del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Ministerio de Cultura, Dirección General de Archivos, Madrid, 1983.
12. La opinión de este arquitecto está recogida en una ponencia celebrada en Zaragoza el 28 de abril de 1964. En García Mercadal, F., *50 años de arquitectura española,* Publicaciones de la Cadiera, Zaragoza, 1965, p. 7.
13. Giner de los Ríos, B., *50 años de arquitectura española II (1900-1950),* Adir Editores, Madrid, 1980, pp. 60-110.
14. En *Diario de Sesiones de la Asamblea Nacional,* Tomo I, 1927-1928, Archivo de Congreso de los Diputados.
15. También nos dejó una obra en la que criticaba de falta de visión de la realidad a quienes tenían la misión de velar por los estudios arquitectónicos.Ver Anasagasti Algán, de. T., *Enseñanza de la arquitectura,* Espasa-Calpe, Madrid, 1923, p. 60.
16. José Manuel Armiñán afirma que Miguel Primo excogía siempre cuidadosamente a quienes debían, de modo alguno, de colaborar con él. En Armiñán, J. M., p. 333.
17. Pemartín, J., *Los valores históricos en la dictadura española,* Publicaciones de la Junta de Propaganda Patriótica y Ciudadana, Madrid, 1929, pp. 23-42.
18. Un estudio muy interesante, aunque circunscrito a Extremadura, es el de Lemús López, E., *Extremadura. 1923-1930. La historia a través de las Diputaciones Provinciales,* Diputaciones Provinciales de Cáceres y Badajoz, Badajoz, 1993.
19. Giner de los Ríos, B, . p. 100 y ss.
20. Fernández Alba, A., *Ideología y enseñanza de la arquitectura en la España contemporánea,* Tucar Ediciones, Madrid, 1975, p. 70 y ss.
21. Para poder tener una visión general del impacto industrial y el crecimiento económico en estos momentos, sería recomendable ir a Velarde Fuertes, J., *Política económica de la dictadura,* Guadiana, Madrid, 1968, p. 84.
22. Berndt, H, . *La arquitectura como ideología,* Ediciones Nueva Visión, Buenos Aires, 1974, p. 116.

La construcción del Puente de Isabel II de Sevilla. Los problemas de cimentación

Amparo Graciani García

El objeto de esta ponencia es el análisis de los procedimientos de cimentación de uno de los emblemas más característicos de Sevilla: el Puente de Isabel II, vulgo de Triana, así conocido por el reinado durante el cual fue realizado. Este vino a sustituir a uno flotante, de época almohade, conformado por un sistema de barcazas ancladas, popularmente conocido como «Puente de Barcas», que facilitaba la comunicación entre Sevilla y el barrio de Triana y que, aunque sucesivamente «restaurado», tras las frecuentes riadas del Guadalquivir, perduró hasta el siglo XIX en que dió paso al actual puente de Triana.

Posiblemente, problemas de cimentación en las tierras del Guadalquivir, demasiado blandas y arenosas, fueran la causa de que los romanos eludieran la construcción de un puente fijo y de que los árabes eligieran un puente de barcas articuladas, más flexible y dúctil a las corrientes del río, además de razones económicas, pues un puente de piedra, hubiera sido más costoso de construir y reparar en caso de crecida del río. Ambas razones motivaron que aunque hasta el siglo XIX las autoridades sevillanas plantearan sucesivamente la necesidad de construir un puente fijo, éstos nunca se llevaron a efecto, pese a existir diversos proyectos (Pedro de Andrade, 1585; Andrés de Oviedo, 1629;..), alegando consideraciones técnicas, sobre todo la mala calidad del lecho del río, que obligaría a profundizar hasta encontrar el estado idóneo para cimentar los pilares, a lo que habría que añadir la insolvencia municipal.

El puente fue realizado por dos ingenieros franceses, llegados a Sevilla en 1844, especializados en la construcción de puentes metálicos, Gustavo Steinacher y Fernando Bernadet, quienes proyectarían tres puentes fijos, uno de piedra, otro colgante y otro de hierro fundido, siendo este último el estimado más conveniente por la Corporación Municipal. El proyecto fue aprobado por la Junta Consultiva de Caminos, Canales y Puertos el 24 de abril de 1845; la construcción se iniciaría en julio de 1845, pero no finalizó hasta enero de 1852, por problemas económicos que incluso llevaron a paralizar las obras más de dos años, además de por problemas entre Stainacher y la Fundición «San Antonio» de Narciso Bonaplata, a quien se había encomendado el Puente, a realizar con hierro de las minas de Guerezo (Vizcaya), El Pedroso y Marbella. De la ejecución de la obra debió encargarse sólo Stainacher; al menos en la documentación de la época es el único que aparece mencionado, siendo Ingeniero Jefe de la obra Carlos María Cortés, una de las personas que, años más tarde, con motivo de los estudios para la reforma de 1873, testificaría acerca de los procedimientos empleados en la construcción.

El Puente de Isabel II era una réplica del hoy desaparecido del Carrusel de París, realizado por el ingeniero Remigio Polenceau, en 1834, sobre el Sena. Tiene 136,5 m. de luz, incluyendo los estribos, con una anchura entre barandas de 12,40 m. Su luz se repartía en tres vanos de 43,33 m. cada uno, pues éste apoya sobre cuatro bases de piedra (dos pilas centrales y dos estribos laterales), sustentando tres bandas

de cinco arcos con una longitud de 44 m. en las que descansaba un tablero a través de unos anillos en serie creciente hasta la clave. El tablero estaría compuesto por un emparrillado metálico, recubierto con una capa de argamasa hecha con cal hidráulica, cascotes y restos de cerámica sobre el que se echaría una solera para conformar el piso. El estribo del lado de Sevilla se distingue por un arco marinero que, en la actualidad, sirve de comunicación entre el Paseo Marqués de Contadero y la zona de El Barranco.

Para el análisis de los sistemas constructivos del proyecto original y de la marcha y ejecución de los trabajos, hemos dispuesto de unas fuentes documentales, gráficas y escritas, muy contadas que obtuvimos en el Archivo Municipal de Sevilla, cuyo estudio hasta la fecha es inédito. No se conservan ni el proyecto original ni el contrato para la realización del puente y sólo nos quedan algunas descripciones referentes a la primera fase de las obras (la dirigida por los ingenieros franceses, concretamente, la ejecución de las cimentaciones y elementos de apoyo), en especial los informes emitidos por la Junta Consultiva de Caminos el 24 de abril de 1845, a raiz de la aprobación del proyecto.

Aunque la memoria presentada por Steinacher y Bernadet no se conserva, sí hemos localizado los planos del proyecto original, firmados por G. Steinacher. Sin embargo, éstos presentan dos problemas. Uno, la escasez y la falta de información ya que en ellos sólo hay un dibujo de detalle referente a la construcción de las pilas, que nada dice respecto al proyecto de construcción. El otro, la inadecuación entre el proyecto primitivo y lo finalmente ejecutado, como años más tarde comprobarían los ingenieros Soto y Conradi durante sus intervenciones en el Puente.

A ello, añadir ciertas referencias en la documentación inmediatamente posterior (1873) a las obras, coincidentes con la realización de una serie de ensayos previos a la actuación de Pedro de Soto, de las que se desprenden interesantes reflexiones acerca de los materiales y los sistemas constructivos empleados. Estos informes venían acompañados de unos planos poco detallados; en ellos predominaban los datos referidos a la pila de Sevilla, a la que se limitaban los ensayos.

De las mencionadas fuentes se desprendía que Bernardet y Steinacher proponían cimentar con hormigón la sillería de las pilas y los estribos dos pies por debajo del lecho del río. El sistema para la cimentación de las pilas consistía en un recinto formado por tablestacas y pilotes unidos entre sí. En el interior de dicho recinto debía dragarse hasta el terreno firme; posteriormente, se rellenaría con hormigón hidráulico y se construiría una escollera que lo defendería de su exterior.

Según el informe emitido por la Junta Consultiva el 24 de abril de 1845, en principio el sistema propuesto «cumplía todas las exigencias que podían esperarse de una buena construcción»; se indicaba que, en caso de que el terreno firme no se hallara a dos pies del lecho del río, habría que llegar a él. No obstante, otros informes y documentos de la época, así como ensayos posteriores (previos a la actuación de Soto en 1873) evidenciarán dos hechos: que la cimentación realizada no correspondió a lo establecido en el proyecto original ni a la condición exigida por la Junta Consultiva, dado que sin sondeo previo alguno para la comprobación de la suposición emitida por este organismo acerca de la distancia al lecho del río, inició la construcción del recinto de tablestacas y pilotes, suponiendo que la capa de terreno falso era de dos pies de espesor.

La falta de previsión a la hora de establecer el nivel de los cimientos por parte de los ingenieros franceses llama la atención si consideramos que poco después (1858-9), cuando José Espinosa construyera los muros de sostenimiento de la rampa de acceso al Puente por el lado de Sevilla, concluyó a raiz de los sondeos previos que realizara al tratarse de un terreno arcilloso y poco resistente (denominado «absorvo»), que se necesitarían medios muy complejos, para obtener resultados que, al final, no serían del todo satisfactorios, y para apoyar los cimientos sobre el terreno firme, se estableció su nivel superior a cuatro metros por encima de la línea marcada por las aguas en bajamar y no a la misma cota de ésta como se pretendía anteriormente.

Sobre los materiales empleados poseemos pocos datos; éstos se reducen a las noticias recogidas en los informes que, con motivo de la intervención de 1872 o 1873, dieron testigos presenciales de las obras, como el Ingeniero Jefe, Carlos M. Cortés. Versaban sobre los cuatro puntos siguientes: 1. Componentes del hormigón; 2. Proporciones de las mezclas; 3. Método empleado en la fabricación del mortero y del hormigón; 4. Medios empleados en la inmersión de éste.

Según la Junta Consultiva, el mortero empleado para la confección del hormigón se componía de la cal de Tajón, procedente de Quinto (hacienda próxima a Dos Hermanas), la puzolana artificial, la arena del río y el agua.Según manifestó en 1873 Carlos M. Cortés, para no emplear cemento, tan caro y escaso en la época, el contratista supuso que la cal de Tajón tenía ciertas condiciones de hidraulicidad. Para ello presentó algunas pruebas y trató de darle carácter hidrálico, empleando la puzolana artificial; aunque este segundo elemento comenzó importándose desde Marsella, su elevadísimo precio motivó que los constructores se decidieran a fabricarla en la misma obra. Para ello se sirvieron de la «lama» que el Guadalquivir depositaba en uno de sus caños. Amasada y moldeada en ladrillo, ésta era cocida y pulverizada para constituir así el elemento verdaderamente hidráulico del mortero. Respecto a los otro dos ingredientes, la arena y el agua, presumimos que serían las del río.

En relación al método de inmersión empleado, cabe decir que el hormigón fue echado en el recinto por medio de tolvas y no empleando cajas que impidiesen su lavado. Así lo afirmarían en 1873 testigos presenciales de las obras.

La primera actuación de interés en el Puente tuvo lugar sobre sus cimientos en 1873, en base al proyecto que Pedro M. de Soto realizara en 1872. Se debió al mal estado en que, en octubre de 1870, con motivo de la reposición de la escollera, incluso antes aún de la recepción definitiva del puente, se descubrió estaba el hormigón. La intervención vino precedida de unos reconocimientos sobre el estado de las pilas y el terreno en octubre de 1871 y del intento de documentar los reconocimientos habidos hasta la fecha del terreno y cómo se habían ejecutado las cimentaciones, para lo que, al no existir fuentes al respecto en el Archivo Municipal de Sevilla, hubo que recurrir a personas que, de alguna manera, habían intervenido en la obra.

Por medio de sondeos, se pretendía levantar un plano exacto de los cimientos, con objeto de apreciar el estado de las escolleras, cubicar el volumen real existente, y comprobar la situación del tablestacado y del hormigón contenido en el recinto; el reconocimiento no habría de ser muy exhaustivo: se localizaría en la parte superior de las pilas y estribos, ya que los trabajos de buzos lo hubieran prolongado, y hubieran exigido un gasto superior al presupuesto. Así se descubrieron las cabezas de algunos pilotes en algunos puntos de la zapata comprendida entre la sillería de la pila y el recinto. Al carecer de datos que permitieran suponer la existencia de pilotes bajo la pila, pensaron que la obra estaba construida sobre un macizo de hormigón que, encerrado en el recinto, descansaba sobre el lecho del río. En otros puntos, el hormigón reconocido estaba descompuesto en las proximidades de las tablestacas, siendo el estado de éstas muy variable.

El proyecto, de junio de 1872, trataría no de reformar las cimentaciones sino de contener la acción destructiva de las aguas sobre el puente; habría que asegurar el estado en que en esos momentos se encontraban los macizos de hormigón, defendiéndolos de nuevas socavaciones y rellenar las socavaciones producidas.

Se estudiaron tres sistemas de reparación. El primero consistía en sustituir el tablestacado por otro, procediendo por zonas, separando la escollera del tablestacado y dejando en el hormigón una zonas libre de 20 cm. de anchura desde las tablestacas hacia el interior y toda la altura, hincando después las nuevas tablestacas en el sitio de las antiguas y se repondría la escollera y finalmente, inyectando hormigón hidráulico en la zona libre del recinto para formar un nuevo revestimiento al hormigón y un macizo inalterable a la acción de las aguas. Este sistema presentaba las ventajas de su reducido presupuesto y que su ejecución no estrecharía en lo más mínimo el cauce del río, evitando una variación en el régimen del Guadalquivir durante las avenidas, pero diversos inconvenientes, como la falta de seguridad y solidez del corazón del cimiento y la dificultad en el arranque de las tablestacas, pues la pequeña distancia existente entre algunos pilotes, haría imposible la entrada de un buzo para remover el terreno y facilitar su arranque.

El segundo sistema consistía en un nuevo recinto de pilotes y tablestacas, clavadas por el exterior que defendería al existente y a la cimentación de pilas y estribos. Después se dragaría el fondo en el espacio comprendido entre ambos recintos y se procedería al relleno con hormigón hidráulico del volumen existente y las socavaciones. Por último, desde la sillería de la pila hasta el nuevo tablestacado, se construiría una zapata de mortero de cemento. Al no tocar al antiguo tablestacado, no se temían disgregaciones en el macizo, pero era de costosa ejecución, pues al estar

el terreno firme a diez metros de profundidad habría que emplear pilotes de grandes dimensiones y además, la reducción que el cauce experimentaría por la construcción del nuevo recinto sería muy perjudicial.

El sistema finalmente propuesto unía las ventajas de los dos anteriores. No se comprometía la seguridad de la obra durante la ejecución y resultaría mucho más económico, pues aunque exigiera más gasto de material sería más fácil de ejecutar y menos costoso en mano de obra. Esencialmente, se reducía al segundo, con la salvedad de que los pilotes empleados serían los existentes; consistía en: «...construir un fuerte tablestacado exterior apoyado sobre los actuales pilotes por el intermedio de nuevas riostras que se clavasen en el plano exterior de éstos. Construido este tablestacado, después de desalojar la escollera necesaria hasta dejar libre el intervalo comprendido entre el nuevo y el actual tablestacado y de limpiar el fondo, se procedería a rellenas de buen hormigón hidráulico el espacio comprendido, envolviendo en este macizo los actuales pilotes. Terminado que fuese este macizo, se procedería a la reposición de la escollera hasta dejar ésta con la altura conveniente, terminando la reparación con el relleno de las socavaciones, según el método antes expuesto y la reconstrucción de la zapata».

Los ensayos previos a la actuación demostraron que los autores del puente no habían realizado los cimentos tal como previeron en el proyecto original, pues el interior del recinto no se dragó hasta el terreno firme ya que al emprenderse en 1871 los trabajos de separación e intentar la primera excavación, se profundizó 1,60 m sin llegar al mismo. Los sondeos verificados daban cuenta del terreno firme, constituido por margas azules a aproximadamente 2 m. por debajo de este lecho. Alternando con otras de arena y, antes de llegar a él, se encontraban delgadas capas de esta misma marga, formando la clase de terreno que en la localidad se denominaba «absorvo». Resulta por tanto indudable que, conocida la poca estabilidad de esta formación, no era sobre la primera capa de marga sobre la que debía cimentarse.

En la pila de Sevilla, las obras se iniciaron construyendo un recinto de pilotes y tablestacas, clavados y adosados interiormente a las riostras que coronaban las cabezas de los pilotes. El equipo técnico encargado de las reparaciones de 1872 comprobó los dos hechos siguientes: 1. La pila de Sevilla estaba cimentada directamente y sin dragado sobre el lecho del río, es decir, sobre un terreno socavable, cuya profundidad no era menor de 1,5 a 2 m; 2. Las tablestacas que formaban el recinto, las cuales se encontraban en mal estado no llegaron al terreno firme, sino que estaban hincadas solamente a una profundidad media de 35 cm en una capa de terreno medio y su longitud era de 6,5 m; como sus cabezas estaban a la altura de la bajamar y el terreno firme no se encontraba a menos de 8 m por debajo de esta línea, las tablestacas no llegaron al terreno firme.

Quizás fuera ésta la causa que impulsó a los constructores a intentar el agotamiento del recinto. Por no haber llegado con las tablestacas al terreno firme, tal vez pensaran que el dragado se prolongaría indefinidamente, puesto que la arena y fango que del interior se extrajese serían inmediatamente reemplazadas por las que del exterior se fueran deslizando por debajo de las tablestacas. Parecía que, agotando el interior del recinto y macizando en seco, quedaría oculto el error y no repercutiría en los resultados. Por tanto, pensamos que se habían ignorado por completo las condiciones del lecho del Guadalquivir. Finalmente, también se desistió del agotamiento, revistiendo sin más el recinto con una tela embreada y posteriormente bombeando. De diversos documentos, un oficio dirigido por Gabriel Gómez Herrador, Subinspector de Caminos, Canales y Puertos, entonces encargado de la obra, a Steinacher y una comunicación de 1 de noviembre de 1845 contestando a la anterior, se deduce que la pila de Sevilla se cimentó sobre el lecho del río sin previo dragado y que, por ello no se cumplió la primera condición exigida para cimentar el puente.

En la pila de Triana, sobre la que no se realizaron ensayos previos, Steinacher tampoco dragó, realizando, por tanto, modificaciones sobre el proyecto original, justificando su pretensión con que la solidez del fondo del río era variable y por tanto las posibilidades de clavar las estacas. La inspección no admitió la propuesta de Steinacher obligándole a «formar con esmero el cajón, dragando su fondo hasta el terreno firme y sellando su exterior por tongadas de hormigón lo más perfectas posibles». Sin embargo, según C. Cortés, al construir la pila de Triana los constructores empezaron por formar el cajón y sin dargar ni sacar fango alguno de su exterior, clavaron gruesos pilotes en el recinto, entre los que vertieron hormigón hasta enrasar con al cabeza de aquellos. Sobre la cimentación del estribo de Triana hay pocas referen-

cias, pero por algunas aportaciones de Cortés es probable fuera como la de la pila de Triana.

En general, en los reconocimientos de 1873 se evidenció que las cimentaciones habían sufrido numerosos desperfectos en los años transcurridos desde su construcción. El pilotaje de la parte resistente del recinto, formado por gruesos pilotes de 30 a 40 cm de diámetro en cabeza, procedentes de Hinojos, estaban en buen estado, pero la mayoría habían sido hincados irregularmente, sin verticalidad, equidistancia ni alineación y con un replanteo poco esmerado. Las riostras que enlazaban los pilotes y los diversos paramentos del cajón estaban en muy malas condiciones. El estado del hormigón tampoco era satisfactorio. Con los reconocimientos superficiales, podía apreciarse perfectamente que, en contacto con el tablestacado, el hormigón se encontraba completamente disgregado en muchos sitios, arrastrada la cal y arena y sueltos los guijos y cantos: el motivo no podía ser otro que la acción mecánica de las aguas, por haberse reunido mal los componentes. El hormigón del núcleo principal de la pila se encontraba en buenas condiciones de resistencia pero apenas se sometía a la acción de las aguas tomaba el aspecto del envolvente.

En 1873 comenzó la intervención en la pila de Sevilla. Se hicieron sondeos taladrando el tablestacado en diversos puntos e introduciendo por ellos una varilla de hierro y extrayendo varias muestras del hormigón para estudiar los efectos destructivos sobre la composición. Se abrieron zanjas en la escollera para sacar la piedra de donde había de clavarse el nuevo recinto de tablestacas. Se intentó llegar en el dragado a la marga, pero a 1,60 m el macizo comenzó a desprenderse. Se rellenó el hueco clavando tablestacas e inyectando hormigón de gran calidad. Soto pensó colocar un macizo suplementario de hormigón que sustituyera el frente de fango y arena pero con el talud natural de 45 grados que tomaría la arena, éste se arrastrará al centro del cimiento de la pila; por ello, optó por asegurar el macizo de hormigón existente y rellenar las socavaciones producidas; construyendo un nuevo tablestacado exterior a 0,70 cm del primitivo, con sus tablestacas clavadas a terreno firme y uniendo las cabezas a una nueva riostra asegurada a los pilotes originarios. El espacio entre ambos tablestacados se rellenaría con hormigón, así como todas las socavaciones existentes.

Posteriormente, hubo otras intervenciones sobre la cimentación del puente. Entre ellas destacar la del ingeniero Juan B. Conradi, a raiz del mal estado de las tablestacas y las socavaciones observables en el hormigón a consecuencia de las fuertes avenidas de los años precedentes a 1907, pues había huecos en el macizo que en algunos sitios llegaban a tener en la dirección del centro de una de las pilas hasta 1,70 m, entre otros desperfectos. Consistió en una defensa del macizo análoga a la practicada en 1873, si bien con algunas modificaciones: la sustitución del antiguo hormigón destruido por un cajón metálico, siguiendo el contorno de la base de los apoyos, supliendo a las tablestacas desaparecidas o deterioradas y empotrándose en la escollera. Estas reparaciones se efectuarían años después, en 1914, constituyendo todo un proceso, cuyo análisis puede ser objeto de trabajos posteriores.

Análisis de la variación de la composición de los morteros utilizados en los muros de fábrica tradicionales: la compatibilidad de los morteros tradicionales de cal y la incompatibilidad de los morteros de cemento en el funcionamiento constructivo y estructural de los muros de fábrica tradicionales

M.ª Cruz Iglesias Martínez

El desarrollo industrial y la fabricación del cemento Portland desde el s. XIX, ha provocado desde entonces la utilización indiscriminada y sistemática de los morteros de cemento en obras e intervenciones de Conservación y Restauración del Patrimonio Arquitectónico, rompiéndose con la técnica milenaria de la cal, capaz de preservar y transmitir nuestro Patrimonio Arquitectónico durante cientos de años, y se sustituyen los tradicionales morteros de cal por morteros de cemento.

Las propiedades y cualidades del cemento prometían un magnífico comportamiento y gran durabilidad, su uso suponía incluso acabar con las tareas periódicas de mantenimiento de los morteros tradicionales de cal. Todo el mundo pensó que la utilización de los morteros de cemento iba a ser un gran adelanto, que sus óptimas cualidades resistentes e impermeables supondrían una mayor protección de los muros de fábrica tradicionales. Sin embargo, el uso del cemento Portland, ha sido uno de los materiales modernos cuyo uso ha causado mayor cantidad de problemas en edificios de estructuras de muros de fábrica tradicionales.

Su utilización a lo largo de este siglo ha demostrado que sus únicas y óptimas características para su empleo en la construcción moderna, lo hacen totalmente desaconsejable cuando se trata de intervenir en el Patrimonio Arquitectónico. La utilización de morteros con contenidos de cemento y la aparición y desarrollo de graves patologías, evidencia la interferencia de los mismos en el comportamiento de los muros de fábrica tradicionales.

Por ello, para la Conservación del Patrimonio Arquitectónico construido con muros de fábrica es importante el estudiar su funcionamiento constructivo y estructural, las propiedades y características de los materiales tradicionalmente utilizados y como éstas colaboran en el funcionamiento del mismo, las propiedades de los morteros de cemento y su influencia sobre el comportamiento de los muros tradicionales.

Análisis del comportamiento de las estructuras de muros de fábrica.

A sido la elección de los materiales, composición y estructura interna de los morteros utilizados, ya sea en las juntas como en los revestimientos, lo que ha permitido a las estructuras de muros de fábrica el desarrollo de unos principios estructurales y constructivos particulares, además de posibilitar el mantenimiento periódico de las mismas, lo que garantiza su duración eterna.

La construcción de muros de fábrica está basado desde el punto de vista de la capacidad resistente de sus materiales, en la utilización de unos morteros muy débiles y elásticos, de capacidad resistente menor que la fábrica del muro, formando un importante sistema de pequeñas juntas de dilatación, capaz de absorber las tensiones internas del mismo, deformándose y actuando en último caso como un elemento de sacrificio, deteriorandose, y gracias a la posibilidad

de su mantenimiento periódico se asegura la conservación de las fábricas durante cientos de años.

Desde el punto de vista del comportamiento frente a la humedad, las estructuras de fábrica tradicionales se basan en la utilización de materiales más o menos porosos y absorbentes, pero también en una extraordinaria tecnología constructiva que por una parte evita la entrada de cantidades excesivas de agua, a través de la utilización de piezas especiales de drenaje en la base de los muros, zócalos, aceras, aleros, canalones, y por otra permite y facilita la evaporación del agua que pueda entrar en los muros, debido a la permeabilidad y capilaridad de los morteros que unen la fábrica o que recubren la superficie exterior de la misma, asegurando valores aceptables del contenido de humedad, en el interior de los mismos.

ANÁLISIS DE LA COLABORACIÓN DE LOS MORTEROS TRADICIONALES

En nuestra cultura la cal ha sido uno de los materiales tradicionales más importantes en la composición de morteros, para la construcción de muros de fábrica tradicionales. Se ha utilizado en la construcción de la propia fábrica, como consolidante y como capa protectiva del mismo, a través de un sistema de capas, formando un sistema constructivo extremadamente homogéneo, tanto desde el punto de vista químico como en cuanto a su comportamiento físico.

Muchos edificios de nuestro patrimonio se construyeron con piedras de mala calidad y sus muros se deteriorarían si fuesen expuestos a los agentes atmosféricos. Tradicionalmente, esta piedra se trababa y se unía con un espeso y homogéneo mortero de cal y los muros que formaban se protegían con un sistema de capas de mortero cuya estructura era capaz de absorber la agresividad atmosférica: el estrés físico y la corrosión química. Adecuadamente preparados y aplicados, mantenidos periódicamente con la aplicación de una sutil capa de lechada de cal, estos morteros podrían durar indefinidamente. Se pueden encontrar ejemplos de más de mil años.

Los revestimientos superficiales tradicionales de cal

La utilización de revestimientos exteriores han favorecido la protección de los muros de mampostería de baja calidad, excesivamente porosas e irregulares, de la degradación natural de los agentes atmosféricos y del agua que por varias razones pudiera entrar en el interior de las estructuras.

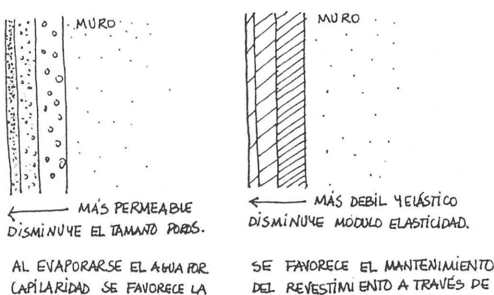
Las propiedades protectivas de los revestimientos superficiales tradicionales se garantizan y desarrollan a través de una cuidada selección de sus materias primas: de las características y propiedades del conglomerante, de las características granulométricas y propiedades del árido utilizado y en algún caso, la utilización de aditivos particulares, que han ido variando a lo largo de la historia en las diversas culturas de nuestro planeta.

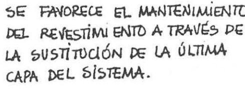
Los revestimientos superficiales de cal están formados por un sistema de capas con diferentes características, con tamaño de poros, resistencias mecánicas y granulometrías decreciendo hacia el exterior. De forma que las primeras capas de mortero de características muy similares al mortero que constituye la estructura interior del muro, actúa como una extensión del mismo hasta la superficie exterior, favoreciendo y aumentando la superficie de evaporación.

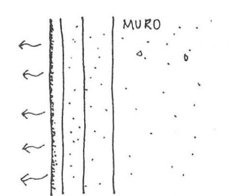
El desarrollo de las propiedades protectivas de los revestimientos se garantizan a través de las características de la estructura de capas que lo forman . La utilización sucesiva de granulometrías más finas y uniformes hacia el exterior y el aumento de la cantidad de cal en la relación cal/árido, se crea una red de poros cuyo tamaño disminuye también hacia el exterior, lo cual permite aumentar la evaporación por capilaridad, y por lo tanto la permeabilidad del revestimiento hacia el exterior, y se obtiene una sucesión de capas cada vez más flexibles y débiles (módulo de elasticidad decreciente), que permiten su fácil y eficaz mantenimiento (figura 1).

Este estructura forma un sistema constructivo extremadamente homogéneo, tanto desde el punto de vista químico como en cuanto a su comportamiento físico, dotando al revestimiento de una gran flexibilidad y larga duración, gracias a su capacidad de mantenimiento a través de la restitución periódica de la capa más externa del sistema.

Se crea, así, un sistema tremendamente eficaz, capaz de absorber la agresión de los agentes atmosféricos: el estrés físico producido por dilataciones térmicas o por variaciones del contenido de humedad, la corrosión química ocasionada por la formación de sales en ambientes altamente contaminados, debido a su estructura porosa (tamaño), la cristalización de sa-







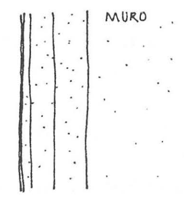


Figura 1
Propiedades de un revestimiento tradicional poroso.

les debido a la evaporación del agua, a través de su estructura porosa, aunque acaba con el tiempo creando tensiones en el interior de los poros, disgregando finalmente el material.

Los morteros colaboran, en virtud de su composición y propiedades en la conservación de la estructura del muro, absorbiendo ellos mismos la agresividad del medio. Por eso se les llama superficie de sacrificio. Evidentemente es más fácil el mantenimiento y sustitución de los morteros de cal, que la sustitución de piezas de la estructura del muro.

Las juntas en los muros tradicionales

Ha sido la elección de los materiales, morteros débiles y elásticos, lo que ha permitido a las estructuras de muros de fábrica el desarrollo de unos principios constructivos y estructurales peculiares. La importancia de la utilización de morteros de cal en las juntas de los muros de fabrica, es realmente triple:

Colaboran a una transmisión uniforme de la carga, y evitan la concentración de tensiones que se pueden originar en puntos de contacto, en juntas secas, originando fisuras y el deterioro paulatino y progresivo de la piedra y del muro.

Forman un importante sistema de juntas de dilatación, suficientemente débil y elástico, capaces de absorber las tensiones que se pueden generar en el interior de la fábrica, así como las contracciones y expansiones producidas por variaciones térmicas y humídicas, sin fisurarse, gracias a su comportamiento elástico y a su resistencia mecánica, de valor inferior al de la fábrica.

A través de las juntas, gracias a sus características granulométricas y porosidad, mayor que la de los sillares que forman el muro, se produce la evaporación por capilaridad, del contenido de humedad del interior, ocasionando la acumulación de grandes depósitos de sales que con el tiempo ocasionarán la disgregación superficial de los morteros de las juntas, en lugar del deterioro progresivo e irreversible de las piedras que forman el muro (figura 2).

El comportamiento activo de los morteros de cal, absorbiendo la agresividad de los agentes atmosféricos y el estrés interno de la fábrica, originan su paulatino deterioro, y éste la necesidad de su mantenimiento. El mantenimiento del rejuntado es una labor de primera importancia para la conservación integral de las fabricas.

El deterioro de las juntas de mortero en un muro de fábrica y la falta de mantenimiento pueden originar el deterioro y la rotura del borde de piedra, debido a las tracciones originadas en el borde desprotegido de la misma, o por saturación de los poros, al aumentar la superficie expuesta, y la acción expansiva del agua al congelarse.

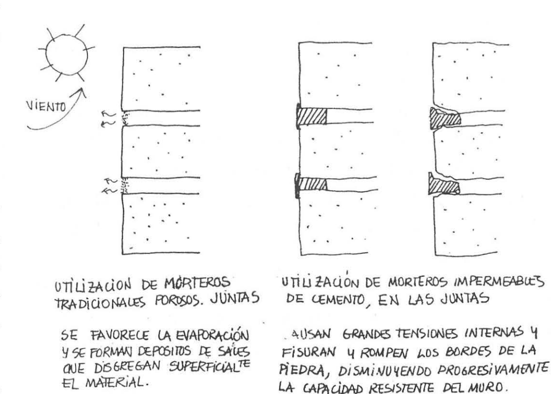


Figura 2
Influencia de la composición de los morteros utilizados en los muros de fábrica tradicionales.

La absorción de las tensiones y desperfectos por el material más débil de la estructura ha provocado, frecuentemente, en tareas de conservación, la sustitución de los materiales más débiles y degradados, por otros «mejores», más resistentes. La aparición y el uso del cemento en las reparaciones de muros tradicionales suponía un gran éxito. Suponía acabar con la necesidad de las continuas tareas de mantenimiento, sin embargo el uso del cemento Portland, ha sido uno de los materiales modernos que ha causado mayor cantidad de problemas en edificios de estructuras de muros tradicionales.

Características y propiedades de los morteros de cemento

Sus únicas y óptimas características para su empleo en la construcción moderna, lo hacen totalmente desaconsejable cuando se trata de intervenir en el Patrimonio Arquitectónico:

– Su excesiva resistencia, Módulo de Elasticidad muy alto. Cuando se producen movimientos diferenciales en el interior de los muros, el cemento es incapaz de absorber las tensiones internas, que se transmiten a la parte más débil de la estructura, a la piedra.

– Su impermeabilidad al agua y al vapor de agua. La escasa porosidad de las capas de cemento obstaculizan e impiden el movimiento de la humedad al exterior, aumentando consistencialmente el contenido de agua de los muros y dando lugar a grandes tensiones internas, por la acción expansiva del hielo, que acaban rompiendo la piedra.

– Su alto coeficiente de dilatación térmica, doble del de la piedra (calizas, mármoles, ladrillos 0.15mm/M morteros de cemento 0.30-0.40mm/M), produce grandes expansiones que son absorbidas por las partes más débiles y originan la aparición de fisuras en las piedras.

– Su enorme adherencia. El grano de cemento en contacto con el agua se disuelve parcialmente, empezando por su superficie y se va hidratando formando agujas entrelazadas, que van creciendo hacia el exterior y el interior, formando un entramado laminar, con una superficie específica muy alta, a través de la cual los fenómenos de adherencia adquieren valores muy altos, los cuales pueden aumentar todavía más, cuando se introduce por absorción en la red capilar de algún material poroso.

– Su alta densidad y su alto coeficiente de conductividad térmica, que favorece la condensación.

– Su contenido de sales. El cemento Portland no sólo contiene silicatos y aluminatos de calcio, sino también sulfatos de calcio y otras sales alcalinas, sales solubles que durante el proceso de fraguado del cemento, originaran problemas cuando la accesibilidad del agua las puede transportar a la estructura porosa de los materiales, que constituyen el muro.

Análisis de la incompatibilidad del uso de morteros de cemento

Después de la utilización durante este siglo del cemento en los morteros a utilizar en las tareas de mantenimiento y restauración del Patrimonio Arquitectónico construido con muros de fábrica, se han empezado a encontrar cada vez mas desventajas y una serie de grandes fallos. A través del análisis de las propiedades físicas y químicas de los dos tipos de morteros, se encontró que las nuevas propiedades de los nuevos morteros de cemento introducían una serie de efectos no deseados, y que el mejoramiento de alguna de las propiedades de los materiales tradicionalmente utilizados y sancionados por la práctica, producía efectos no deseados en otras propiedades y materiales de las estructura y en el funcionamiento constructivo y estructural de las partes involucradas ademas de en el modo de envejecimiento de la misma.

Las estructuras mas afectadas son las expuestas en unas condiciones climáticas, de humedad y lluvia, más severas y estructuras con contenidos de humedad muy altos en su interior, originados por cambios en el nivel freático del agua o por fallos en las cubiertas. Muchas veces la presencia y la falta de mantenimiento de canalones y bajantes produce la saturación del muro debajo de la capa impermeable, acelerando el proceso de deterioro.

En las juntas

Los morteros de cemento cuando se utilizan en el exterior, en las juntas de los muros de fábrica, se agrietan durante el fraguado y con el tiempo, debido a las

grandes dilataciones térmicas originadas por su alto coeficiente de dilatación, y dejan pasar el agua. Debido a la impermeabilidad de los mismos, el agua se acumula en el interior, originando una serie de daños irreversibles en la parte más débil de la estructura, en este caso, en la piedra o ladrillo, debido a la acción expansiva de las sales, que transporta el agua, y del hielo, así como por la incapacidad del cemento de absorber el estrés interno de la fábrica. Los morteros de cemento no sólo no absorben los movimientos y expansiones de la fábrica originados por dilataciones térmicas, debido a su alta resistencia, sino que debido a su alto coeficiente de dilatación térmica (La dilatación térmica es mayor en la superficie que el interior), crean en el borde de ésta un estado tensional tal, que da lugar a la formación de fisuras, las cuales son solo el origen de un proceso progresivo de deterioro, por la penetración del agua (figura 2).

En los revestimientos superficiales

Los revestimientos superficiales, formado por los enfoscados y revocos, a base de morteros de cemento están diseñados para evitar la entrada de agua, y utilizados en muros tradicionales impiden la evaporación de agua del interior de las estructuras. Además cuando fraguan, tienden a formar una red de microfisuras, no visibles para el ojo humano, pero que permiten la entrada de agua por capilaridad. Con el paso del tiempo es también inevitable la formación de pequeñas fisuras que permiten la entrada de agua. Una vez dentro, el agua no puede salir debido a la impermeabilidad del mortero. Cuando los morteros son aplicados sobre muros de ladrillo o piedra porosa y poco resistente, estos ineludiblemente se rompen, debido a la expansión del agua absorbida por los poros de la piedra, al congelarse o a la cristalización de las sales que transporta el agua y a los altos valores de la adherencia del cemento y el resultado es realmente dramático (figura 3).

Revestimientos interiores

Cuando en el exterior se sustituyen los morteros de cal por otros de cemento, produciendo una barrera impermeable, y en el interior del muro se conserva el revestimiento original de cal, el alto contenido de

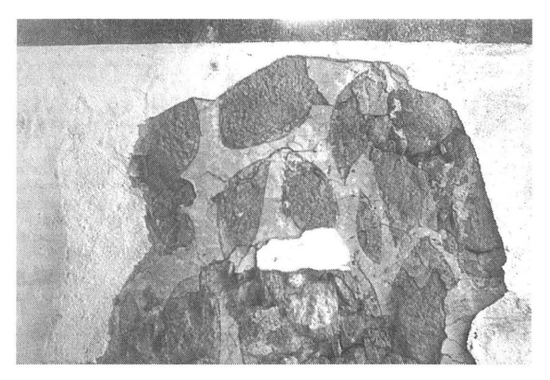


Figura 3
Se puede apreciar una doble patología debido a la utilización de cemento en las juntas y luego en el revestimiento, que finalmente se cae.

agua en el interior del muro intenta su evaporación a través de la superficie interior, produciendo daños en la misma, en el acabado interior, que muchas veces esta formado por valiosas pinturas al fresco (figura 4). Cuando en el interior también se sustituye la superficie original por otra de cemento, con la intención de evitar las humedades de los muros, el nivel de humedad y la concentración de sales aumentarán todavía más, produciendo abombamientos y roturas. Cuando se intentan cubrir humedades de origen capilar, el revestimiento de cemento solo producirá aumentar la altura alcanzada por la humedad, originando daños en zonas sanas del muro y la pudrición de las vigas o armadura de madera.

Conclusiones

La alteración de las propiedades fundamentales de una construcción, por ejemplo a través de la utilización de otro nuevo, debería decisivamente evitarse. Lo mejor sería la utilización de los mismos materiales en las reparaciones e intervenciones de mantenimiento. Con ellos no produciremos ningún cambio en la manera de funcionar una estructura, y el proceso y modo de envejecimiento seguiría siendo el mismo, y las posibles causas de daños serán probablemente las mismas, pudiendo éstas ser reparadas con los mismos principios.

La elección de un material diferente tendría que tener en cuenta, en cualquier caso, el funcionamiento

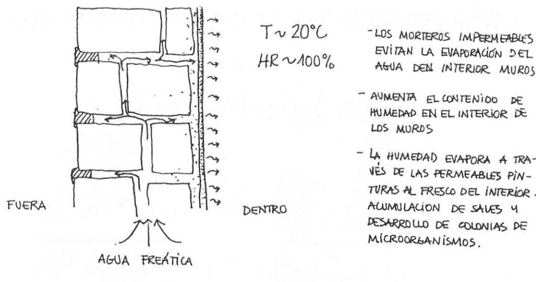


Figura 4
Efecto de un encintado impermeable de mortero de cemento.

estructural y constructivo de las partes involucradas, y el modo de envejecimiento del mismo.

Sin embargo, nos encontramos con muchos problemas debido a la desaparición de muchos materiales tradicionales, o a la alteración de muchas de sus propiedades. La recuperación de estos materiales y de su tecnología forma parte de los problemasderivados de la voluntad de Conservación del Patrimonio Cultural.

Referencias bibliográficas

Caneva G., Nugari M. P., Salvadori O., *Biology in th conservation of works of art.* ICCROM. Rome 1991.

Holmstrom Y., «Suitable materials for use in repair of historicstructures», Conference on structural conservation of historic buildings. Unpublish report. ICCROM. Rome, 13-19 september 1977.

Hughes P., *The need for old buildings to breath,* Society for the Protection of Ancient Buildings. *Information sheet 4,* 1986.

Jedrzejewska, H. «Ancient mortars as criterion in analysis of old architecture». *Mortars, Cements and Grouts used in the Conservation of Historic Buildings.* Symposium 3-6. 11. 1981. Rome.

Massari G.&I., *Damp buildings old and new.* ICCROM. Rome 1993.

Peroni S.,Tersigni C., Torraca G., Cerea S., Forti M., Guidobaldi F.,Rossi-Doria P. et al. «Lime based mortars for the repair of ancient masonry and possible substitutes». *Mortars, Cements and Grouts used in the Conservation of Historic Buildings.* Symposium 3-6. 11. 1981. Rome.

Stewart, J. Moore., «Chemical techniques of of historic mortar analysis». *Mortars, Cements and Grouts used in the Conservation of Historic Buildings.* Symposium 3-6. 11. 1981. Rome.

Teutonico J. M., *A laboratory manual for architectural conservators.* ICCROM. Rome, 1988.

Teutonico J.M, McCaig I., Burns C., Ashurst J., «The Smeaton Project: Factors affecting the properties of lime-based mortars». *Bulletin of the Association for Preservation Technology* (APT). Vol. 25, Nº 3-4, Albany, N.Y., September 1994.

Torraca G., *Porous building materials: Materials science for Architectural Conservation.* ICCROM.Rome1988.

Boynton, R.S., Gutschick, K.A. *Strength considerations in mortar and masonry.* National Lime Association. 1995.

Townsend, A. «Rough-cast for historic buildings». *Society for the Protection of Ancient Buildings. Information sheet* 11.

CNRS. *Enduits et mortiers.* Archéologie médiévale et moderne. Edición del Centre National de la Recherche Scientifique. 1991.

Perander, T., Raman, T., *Ancient and modern mortars in the restauration of historical buildings.* Technical Research Centre of Finland. Espoo 1985.

Análisis del doble papel de los morteros tradicionales de cal utilizados en los muros de fábrica tradicionales: su función decorativa y su función protectiva

M.ª Cruz Iglesias Martínez

Los morteros de cal, junto a los morteros de barro y yeso, ha sido uno de los materiales más utilizados, en todas las culturas, a lo largo de la Historia, debido a sus cualidades altamente protectivas y a sus infinitas posibilidades de acabado, textura y color.

La importancia de recordar y explicar esta doble función que los revestimientos formados por morteros de cal tradicionalmente han desarrollado, estriba en la gran cantidad de equivocaciones cometidas en la evaluación del papel desarrollado por este extraordinario material, que ha originado en los últimos años un cambio importante en el aspecto visual de los Cascos Históricos así como el desarrollo de grandes patologías, como consecuencia de:

– La eliminación mecánica consciente de los mismos, debido a la atribución de nuevos valores a los materiales irregulares, de las fábricas de las estructuras antiguas (figura 1).

– El abandono de las tareas de mantenimiento, que estos materiales requieren (figura 2).

– La sustitución de estos materiales de tradición milenaria por otros de cemento, a partir de su desarrollo con la Revolución Industrial (figura 3).

– Erróneas interpretaciones del color y del significado arquitectónico que representan (figuras 4 y 5).

La función decorativa. El significado del color y su tratamiento

El revestimiento y el color de las superficies arquitectónicas ha tenido a través de la historia una importancia determinante en la definición del ambiente urbano, sufriendo a través e los siglos una profunda evolución.

El color de los revestimientos, de las superficies arquitectónicas de los edificios antiguos, ha estado am-

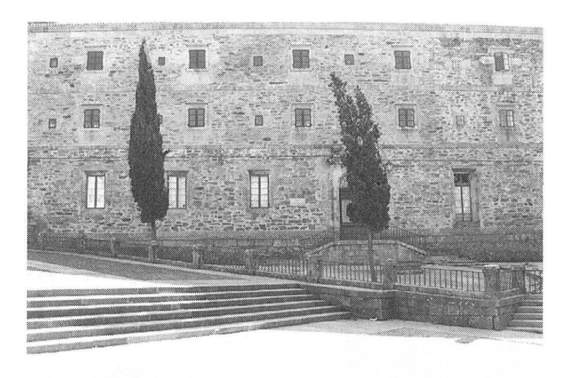


Figura 1
Convento de S. Domingos de Bonaval. Santiago de Compostela. Fachada en donde se aprecia la eliminación del revestimiento que originalmente ha debido tener. Utilización de piezas irregulares que necesitan la utilización de juntas excesivamente gruesas, que no son adecuadas para absorber la agresión de los agentes atmosféricos

pliamente utilizado respondiendo a cuestiones simbólicas, para delimitar la propiedad, crear espacios e imágenes ilusorias, para imitar o simular otros materiales considerados más nobles, así como para aumentar los efectos de la riqueza espacial de la fachadas, resaltando las relaciones de huecos y macizos y las proporciones entre los distintos elementos, ciertos colores los pueden hacer parecer más pesados, más grandes o pequeños, más cercanos o lejanos.

Observando y comparando el significado de la representación de las superficies arquitectónicas, se pueden clasificar según los siguientes grupos:



Figura 3
La utilización de materiales inadecuados como los morteros de cemento producen daños irreversibles en el borde de las piedras de los muros. Se observa además una pérdida de adherencia del mortero y las formación de fisuras que provocan el aumento del contenido de agua de los muros, e incluso un deterioro generalizado.Se observa la dualidad travertino-ladrillo, a través del uso de morteros tradicionales que transparentan por falta de mantenimiento la fábrica menos resistente de la estructura, típica del renacimiento y barroco italiano.

Imitación de un material noble

Ha sido sin duda el sistema decorativo más difuso. Consiste en la realización, con el revoco, de elementos arquitectónicos, en general lajas, salientes, cantos, cornisas, pilastras, allí donde por motivos económicos no podía ser usado el material noble deseado, el cual se imitaba o simulaba. Los materiales más nobles y duros se reservaban solo, por motivos estructurales y resistentes, a las partes bajas del zócalo, a las cornisas de las ventanas de la planta baja y primer piso, a capiteles y balaustradas, mientras que las columnas, pilastras y paramentos se construían con piedras de distinta y variada naturaleza, que luego se protegían cubriéndolos con unas capas de mortero que se pintaban, frecuentemente «a fresco», para simular un material de mayor calidad, resistente a las agresiones atmosféricas y de bellas dimensiones, frecuentemente mármoles, travertinos o materiales cerámicos de superior calidad (figura 6).



Figura 2
La falta de mantenimiento origina un deterioro progresivo de la capa superficial protectiva, así como del material de la estructura del muro, que no está preparado para absorber la agresión de los agentes atmosféricos.

De esta manera, las superficies formadas por materiales heterogéneos lograban su unidad a través del color. Las partes de los elementos arquitectónicos realizadas con material verdadero, piedras de gran calidad, se respetaban como tal, mientras el resto de los elementos se recubren transformándose a través del color, en el material que por su belleza intentan simular (figura 6).

Representación puramente pictórica

Comprende todas aquellas superficies con decoraciones varias, representaciones figurativas o de elementos arquitectónicos, «a fresco» o esgrafiado.

Efecto Ilusionístico

Se concebía con el fin de introducir la naturaleza dentro de la arquitectura, en las fachadas de los pa-





Figuras 4 y 5
Plaza Navona, Roma. La capa de color utilizada en el mantenimiento de las superficies no es siempre adecuada al significado arquitectónico que se representa. Se observa como acabados que simulan piezas de travertino se pintan erroneamente como si se tratase de una fábrica de ladrillo.

lacios y en los paramentos que conformaban una plaza.

Estas representaciones se realizan durante el periodo comprendido entre el 1600-1700, cuando frente al rigor geométrico y formal del Renacimiento, se intentó dinamizar la interacción entre espacios internos y externos, a través de la desmaterialización de las superficies, provocando, a través del color, que los elementos arquitectónicos en piedra se despegasen del fondo, de color aire como si se tratase de una loggia, tomando los paramentos y superficies de los edificios diversos colores: gris claro, gris azulado, gris rosado, según la hora a la que se imite el color del cielo, o incluso un verde claro cuando imita un fondo arbóreo.

Simbolismo heráldico-político

El color con este significado, es solo característico de algunos periodos históricos de determinadas regiones, como por ejemplo el color rojo en Pequín reservado sólo a los palacios, o la púrpura imperial romana.

Finalidad higiénico-funcional

El color con función higiénica se realizaba con materiales y pigmentos dotados de propiedades particulares. Es muy conocida la cualidad antiséptica de la cal y las propiedades tóxicas del color azul, capaz de alejar a los insectos.

Un ejemplo del color funcional lo encontramos en Villajoyosa, en Alicante, en donde las casas colgadas sobre las murallas, de los pescadores son pintadas del mismo color que sus barcas, para poderlas identificar desde el mar. Materiales y pigmentos con estas cualidades se encuentran sobretodo en edificios rurales, en pueblos costeros o de montaña.

La función protectiva

Normalmente los materiales de construcción utilizados eran locales, de las cercanías y solamente cuando la infraestructura de transporte lo posibilitaba, procedían de lugares más lejanos. Estos transportes más lejanos se reservaban para el acopio de los materiales de construcción más valiosos, que se utilizaban en edificios especialmente significativos. Cuando los materiales utilizados para la construcción de la fábrica eran de mala calidad, demasiado porosos e irregulares, no suficientemente fuertes para resistir la agresión atmosférica, entonces los muros se cubrían con un material exterior protectivo.

Todos los materiales utilizados en la superficie de los edificios han desarrollado un indudable papel en el significado arquitectónico de los edificios a través del color, del tipo de tratamiento y técnica utilizada

en su acabado. Pero la relación que existe y se ha desarrollado a lo largo de la historia entre *la arquitectura y el material de acabado superficial* no se limita solo al color y al aspecto exterior del material utilizado, sino que también han sido pensados y elegidos para proteger las estructuras de los edificios de los agentes agresivos externos, de la degradación y deterioro.

Esta afirmación sería obvia si no fuese por las grandes equivocaciones cometidas al no considerar que, en cada época y lugar, cada una de las partes de los edificios estaban constituidos por una estructura y un material superficial (revestimiento) y solamente en casos excepcionales el material utilizado en la estructura servía de acabado superficial al edificio. Entendiendo por estructura la parte responsable del equilibrio estático y por material superficial aquél destinado a decorarla y no secundariamente a protegerla.

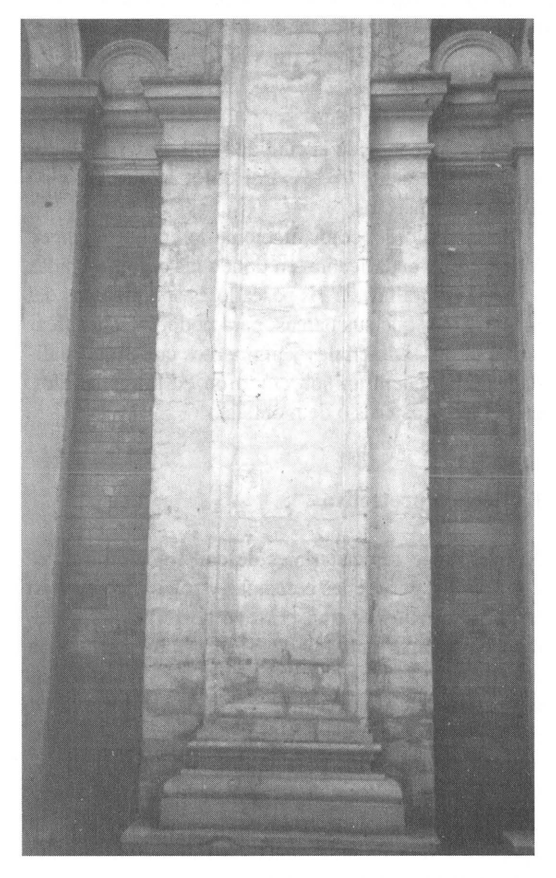


Figura 6
Se observa la dualidad travertino-ladrillo, a través del uso de morteros tradicionales que transparentan por falta de mantenimiento la fábrica menos resistente de la estructura, típica del renacimiento y barroco italiano.

Este tipo de confusiones son y han sido frecuentes en los edificios construidos por muros de fábrica tradicionales debido a que los materiales de estructura y de superficie son parecidos, e incluso a veces iguales, de forma que se pueden confundir en un edificio deteriorado. Por ello, aquí, no es tan importante determinar el tipo de material, para saber si pertenece a la estructura o a la superficie, como su calidad y el tipo de elaboración y acabado del mismo (figura 7).

Para evitar errores de evaluación es necesario por tanto saber distinguir, por ejemplo, una piedra con función estructural, irregular por su forma y aspecto, de una piedra vista, seleccionada, con bordes precisos y de naturaleza compacta.

Las piezas de piedra utilizadas al exterior deben de cumplir unos requisitos de elevada resistencia mecánica, grano compacto, baja permeabilidad etc, de forma que le dotan de una resistencia suficiente a la penetración del agua y a la agresión de los compuestos contaminantes de la atmósfera, que protegen el núcleo estructural. Y su papel decorativo viene determinado por el color propio del material. Este tipo de soluciones se han reservado siempre a lo largo de la historia a edificios representativos, de especial importancia.

La observación de los edificios nos confirma que las piezas pétreas utilizadas al exterior estaban limitadas a casos especiales: basas, columnas y pilastras, cornisas, dinteles...., mientras que las piezas de piedra, de calidad inferior se usaban exclusivamente con un fin estructural, y tradicionalmente se cubrían con unos morteros sobre los cuales se extendía una capa de color con un significado determinado, a través de distintas posibles técnicas de ejecución (figura 6).

El hecho de que se encuentren actualmente edificios pertenecientes al patrimonio arquitectónico, con sus estructuras totalmente al descubierto, sin recubrir, debido a la falta del continuo mantenimiento que estos materiales requieren o a una consciente eliminación mecánica de los mismos como consecuencia de una variación en la atribución de valores, no nos tiene que hacer pensar en la posibilidad de que estas estructuras no han estado nunca revestidas, al

contrario, desde la antiguedad todos los edificios hechos con ladrillo, piedra o barro, han sido revestidos con morteros y capas de color. Y solo en caso de edificios de relevante importancia, las fábricas estaban formadas por piedras regulares y de gran calidad que no necesitaban de ningún revestimiento ni para desarrollar las funciones protectivas ni para mejorar sus cualidades de color. En los demás casos la estructura estaba siempre recubierta de morteros de distinta naturaleza y color.

Los morteros han sido siempre en todas las culturas y a lo largo de la historia uno de los materiales superficiales más utilizados, en cualquier tipo de edificio. Porque aunque son menos resistentes en comparación con los materiales pétreos que se han utilizado al exterior, han sido siempre los más económicos, los más ligeros, los de más fácil y rápida aplicación y los que permitían un continuo mantenimiento que aseguraban la protección y conservación del Patrimonio Arquitectónico durante cientos de años.

Los materiales superficiales de los edificios son las partes más expuestas a la acción agresiva de los agentes atmosféricos, al deterioro físico y químico de medio ambiente. La misión de estos materiales superficiales es la de absorber esta agresión, protegiendo de esta manera la estructura que recubren. Esta función la pueden desarrollar indefinidamente gracias a la posibilidad de su mantenimiento, a través de la sustitución de la última capa del sistema que forma el revestimiento, siendo objeto, a lo largo de la historia, de distintas apreciaciones e interpretaciones no siempre válidas.

Los morteros de cal se han utilizado en la construcción de la propia fábrica como consolidante y como capa protectiva de la misma formando un sistema extraordinariamente homogéneo, tanto desde el punto de vista químico como en cuanto a su comportamiento físico. Este sistema está dotado de una estructura capaz de absorber la agresividad atmosférica, el estrés físico y la corrosión química. Adecuadamente preparados y aplicados, mantenidos periódicamente a través de la aplicación de una sutil capa de lechada de cal, estos morteros podían durar indefinidamente, se pueden encontrar ejemplos de más de mil años.

Haciendo un estudio del color y de las características decorativas de los revestimientos superficiales de cal, se definen unos periodos muy claros que coinciden con los movimientos arquitectónicos que se han desarrollado a lo largo de la historia. A través de los cuales no solo varía el color y el tipo de representación, sino que incluso varía la propia estructura física del revestimiento y composición de los morteros utilizados, variando consecuentemente las propiedades físicas y mecánicas, las propiedades resistentes y protectivas, paralelamente. Lo cual demuestra la influencia del desarrollo cultural y tecnológico de la época a la que pertenecen en el significado de su papel decorativo y en sus cualidades protectivas.



Figura7
Las piezas pétreas de mayor calidad de reservan a las partes más representativas. Se aprecia la diferencia de acabado y calidad del material pétreo utilizado.

Conclusiones

Una vez entendido la importancia del papel que han desarrollado a lo largo de la historia los revestimientos tradicionales, es importante para acabar, reflexionar sobre las consecuencias de las intervenciones cada vez más frecuentes, que ignoran uno u otro aspecto esencial de este tipo de revestimientos, en la conservación de los muros de fábrica tradicionales:

La eliminación mecánica de los revestimientos cambiaría significativamente, por una parte, el aspecto visual y urbano del Patrimonio Arquitectónico, y por otra parte, sometería a la agresión de los agentes atmosféricos a muros y materiales no preparados para ello. Teniendo en cuenta el grado de deterioro en que se encuentran, hoy en día, materiales elegidos en su

momento, para estar al exterior, por sus cualidades resistentes, es fácil el imaginarse el grado de deterioro que otros materiales y estructuras menos resistentes, pueden alcanzar en poco tiempo (figura 1).

La falta de mantenimiento de los revestimientos produciría un envejecimiento progresivo de los materiales y una disminución de sus propiedades protectivas (figura 2).

La variación de la composición de los morteros utilizados en las tareas de mantenimiento de los revestimientos, y la sustitución de los materiales tradicionales por otros nuevos, sobre los que no se tiene experiencia de su comportamiento en un periodo de tiempo suficiente, pueden variar las propiedades de los materiales y su comportamiento, provocando incluso incompatibilidades con el funcionamiento constructivo y estructural de los muros de fábrica tradicionales figura 3).

Interpretaciones erróneas del color y del significado arquitectónico que representan. El mantenimiento y en su caso la recuperación y restauración del color es una de las tareas más difíciles debido, no tanto a problemas técnicos sino a los de carácter crítico-histórico-estéticos que se puedan presentar. Este tipo de intervenciones raramente han sabido interpretar y repetir el tono justo, y frecuentemente lo han alterado, siendo común el repetir el color en un tono más oscuro, imitando al color original ya envejecido y deteriorado. De esta manera el color de las superficies se ha ido progresivamente oscureciendo y ha acostumbrado al ojo humano a tonos totalmente equívocos (figuras 4 y 5).

La recuperación del color inherente a la concepción arquitectónica del patrimonio es un factor decisivo en el mantenimiento y restablecimiento de una definición cultural, un significado arquitectónico y una coherencia visual del conjunto histórico del que forman parte y del paisaje urbano.

A partir del análisis realizado sobre la doble función que los revestimientos de los muros de fábrica tradicionales, han desarrollado en cualquier época y lugar, espero haber contribuido a la Conservación de la integridad de los edificios y ciudades, de nuestro Patrimonio Cultural.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Convegno di studi-L'intonaco: storia, cultura e tecnología. Librería.Proggetto Editore, Padova. Bressanone 1985.

Marconi, P., *Dall piccolo al grande restauro: Colore, Struttura, Arquitettura.* Marsilio Editore. Venecia 1988.

Superfici dell'architecttura: Le Finiture. *Atti del convegno de studi. Bressanone 1990.*

«Le Pietre nell'architettura: Struttura e Superfici». *Atti del convegno de studi.* Bressanone 1991. «Malta, intonaco e colore per la conservazione dei paramenti esterni». *Atti del convegno nazionale. Ferrara 1986.*

«Materiale Lapidei I y II». *Bolletino D'Arte.* Ministerio per i Beni Culturali e Ambientali.

Mora, L. y P., «Le superfici arquitettoniche, materiale e colore. Note ed esperienze per un approccio al problema del restauro. Il colore nell'edilizia storica». Supl.6. *Bolletino d'Arte.* Ministerio per i Beni Culturali e Ambientali.

Mora, L., Mora, P. *The conservation of wall paintings.* Ed Butterworths.

Mora, L., «Il colore delle superfici architettoniche. Facciate dipinte: Consevazione e restauro». *Atti del Convegno di studi. Genova, 1982.*

Mora, P., «Deterioramento degli intonaci e possibilitá di intervento. Facciate dipinte: Consevazione e Restauro». *Atti del Convegno di studi. Genova, 1982.*

El proceso de construcción en Burgos. 1700-1765. Aportación a su estudio

Lena S. Iglesias Rouco
M.ª José Zaparaín Yáñez

Marco espacio-temporal

Dadas las características que definieron la participación burgalesa en el desarrollo peninsular, la Historia de la Construcción en esta provincia se apunta con rasgos propios. El origen de los mismos aparece ligado de modo determinante a su configuración espacial. Constituye una extensa región en la que quedan incluidas diversas zonas que por sus características poseen una identidad plenamente definida y sensibles contrastes entre si. Tal sucede con las tierras septentrionales de las Merindades de Castilla o la Bureba y aquellas otras que, en el sur, forman la Ribera del Duero. Al mismo tiempo, su posición, dominando el norte peninsular, la convirtió en centro neurálgico de comunicaciones y, en relación con ello, alcanzó una intervención significada en distintos momentos históricos. Las dinámicas particulares que marcan cada uno de éstos y su actuación diferenciada en las diversas áreas geográficas, exigen, a su vez, una consideración periodizada en fases sucesivas.

La aproximación a una de ellas, la que corresponde a los dos primeros tercios del siglo XVIII, pone de relieve cómo los parámetros que habían regido el complejo ámbito de la construcción en el Seiscientos alcanzaron una larga vigencia proyectándose en la centuria siguiente. Los tipos de edificios y los elementos humanos que los promueven o ejecutan, así como los conceptos y procedimientos propios de su planteamiento y realización se mantienen si bien hayan de adaptarse a una marcada precariedad de medios. No obstante todo ello experimentará interesantes cambios cuando, a medida que avanza el Setecientos, vaya manifestándose una inversión de signo positivo que alienta un nuevo despegue socioeconómico en todo el ámbito burgalés. Este desarrollo alcanzará una expresión significada en la actividad constructiva. Nos hallamos, pues, ante un momento en el que, a partir del mismo marco válido a través de dos centurias, se apuntan nuevas dinámicas que lograrán plena confirmación en el último tercio de siglo cuando se inicie una etapa histórica diferente.[1]

Tal proceso cuenta con interesantes testimonios. Por una parte, el intento regeneracionista emprendido desde el poder, afectó a nuestra región de forma directa por su proximidad a la corte y por su condición de pieza decisiva en la renovada red de comunicaciones. De ahí las múltiples intervenciones con las que se fue modificando su fisonomía tradicional y sobre las cuales permanecen importantes manifestaciones. A la vez, un continuado rastreo en las ricas fuentes documentales ha permitido reunir multitud de datos que refrendan cuanto las propias construcciones expresan en su materialidad. Pero, dada la obligada brevedad de esta aportación, su estudio se aborda apuntando, tan sólo, las cuestiones de carácter general que establecen el marco en el que se lleva a cabo la práctica constructiva y su consideración pormenorizada será objeto de futuras colaboraciones.

Obras. Sus características generales

La naturaleza y función de las empresas llevadas a cabo resultan en si mismos elocuentemente significativos. Cierto es que, en los primeros decenios del siglo XVII, culminaban algunos de los proyectos que, como los conjuntos palaciales de Lerma y Peñaranda de Duero, constituyen aún hoy admiradas realizaciones de carácter civil. Pero ya a partir del segundo tercio del siglo, la construcción en Burgos alcanzó su mayor grado de representatividad al servicio de la Iglesia. Así lo avalan las propias actuaciones en la catedral, la nueva iglesia de San Lorenzo de Burgos y el santuario de san Pedro Regalado, las contínuas ampliaciones de diversos conjuntos monásticos, como el de san Pedro de Cardeña o el de San Salvador de Oña, y las numerosas fábricas parroquiales correspondientes a aquel período.[2]

No obstante a partir de los primeros decenios del siglo XVIII tal situación comienza a alterarse.[3] Progresivamente se multiplican las obras destinadas a crear una eficaz red de comunicación, mejorar las condiciones generales de los núcleos y dotarles de aquellos edificios que darían respuestas satisfactorias a la diversidad de necesidades y demandas de su vecindario. Destacan, así, los innumerables proyectos de puentes y las variadas propuestas de intervención en los viejos cascos regularizando sus trazados y modernizando sus deficientes servicios. En estos años se llevan a cabo importantes obras en los puentes y calzadas de Aranda de Duero, Belorado, San Pablo de Burgos, Covarrubias, Miranda de Ebro, Oña, Puentedura, La Vid, etc. (figura 1). También pertenecen a esta fase determinadas operaciones urbanísticas tendentes a mejorar los principales espacios de comercio y reunión en Burgos capital, Belorado, Miranda de Ebro, Vadocondes, Villadiego, etc. E, igualmente, se realizan o renuevan una serie de fuentes en muy distintas localidades de la provincia como Briviesca, Sotillo de la Ribera, Villasandino, etc. Mención especial merecen, en este sentido, las fuentes de San Esteban y la de La Flora que preside la plaza del Huerto del Rey, en Burgos (figura 2).[4]

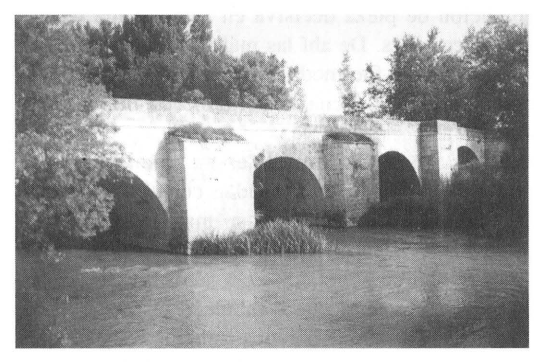


Figura 1
La Vid (Burgos). Puente sobre el Duero



Figura 2
Burgos. Plaza del Huerto del Rey. Fuente de La Flora

Pero es en lo referente a las nuevas edificaciones donde se reunen los ejemplos de mayor representatividad. Así surgen, entonces, los primeros proyectos de modernos cuarteles — en Burgos—, y se levantan las casas consistoriales de Mazuela, Padilla de Abajo, Palazuelos, Quintanamanvirgo, etc. Existe, así mismo, una permanente propuesta de reforma de los edificios destinados a la asistencia pública—Hospital del Rey y casa hospicio en Burgos, hospital de Villafranca Montes de Oca, etc.—, y de algunos centros de formación de la juventud como el colegio de la Compañía de Jesús en Burgos o la escuela de la iglesia colegial en Briviesca (figura 3).[5]

A la vez, los vecinos con más recursos colaboran eficazmente en el proceso general de modernización. Todavía hoy en muy diversos puntos de nuestra geografía regional, importantes villas o modestos núcleos, una parte de su caserío, las construcciones auxiliares y muchos de sus elementos significados corresponden a este momento.[6] Entre los ejemplos de

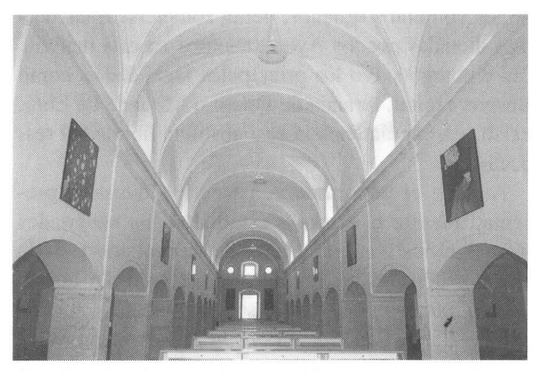


Figura 3
Burgos. Hospital del Rey. Antigua sala de enfermos, actualmente sede de la Biblioteca de la Facultad de Derecho de la Universidad de Burgos



Figura 4
Burgos. Hospital del Rey. Antigua casa de los sacristanes, hoy rehabilitado para dependencias univesitarias

singular relevancia se encuentran algunos inmuebles blasonados de Belorado, Briviesca, Castrojeríz, Cortiguera, Fuentecén, Gumiel de Hizán, Miranda de Ebro, Pesquera de Ebro, Santo Domingo de Silos, Sedano, etc. etc.

A niveles tipológicos, la mayoría de los proyectos optan por soluciones ampliamente consagradas en la región de acuerdo a las necesidades derivadas del contexto estamental. Plantas rectangulares con compacto desarrollo volumétrico, dos alturas y ático, amplios huecos dispuestos de acuerdo a una simetría axial y cuidado tratamiento de las fachadas principales. Éstas, como elemento representativo de la categoría y dignidad del propietario, individualizan las construcciones pues presentan rasgos técnicos y materiales específicos y albergan los vanos así como los motivos decorativos más notables. En general se articulan a través de una equilibrada retícula aunque tiende a realzarse el eje central al superponerse, normalmente, la puerta de entrada y el gran balcón que, dirigido hacia la escenografía urbana, preside la pieza más destacada (figura 4).

Sin embargo, se hace notoria la preocupación respecto a adecuarse a las exigencias específicas de una sociedad en proceso de secularización. De ahí la impronta monumentalista de los edificios destinados a cuarteles concebidos con un cierto aire palacial y la peculiar fisonomía de las casas consistoriales con singulares zaguanes en el primer piso y espaciosas salas de juntas en la planta superior que, como sede de las reuniones concejiles, concentran los principales vanos y los correspondientes símbolos heráldicos o inscripciones conmemorativas de su ejecución. A la vez, las instalaciones hospitalarias respetan la tradicional separación de sexos, pero intentan dotar a las dependencias dedicadas a los enfermos de las condiciones más óptimas posibles. De ahí que se realicen alcobas independientes de cierta amplitud, bien iluminadas y ventiladas. Por su parte, las viviendas aparecen marcadas por una clara búsqueda de la comodidad de acuerdo con las necesidades de sus moradores. Para ello trata de obtenerse el máximo aprovechamiento de las posibilidades derivadas del propio emplazamiento y se conciben los distintos elementos con una individualizada materialidad de acuerdo a su destino funcional y en plena adecuación con el conjunto. El resultado de tales planteamientos son inmuebles de sólida y cuidada factura cuya distribución interior goza de amplias condiciones de ventilación y luminosidad proporcionando respuesta adecuada a las distintas demandas domésticas. Todo lo cual se constituye en fecundo punto de partida desde donde serán elaboradas las propuestas decimonónicas.

Promotores y procedimientos de contratación

Constituyen elementos en estrecha conexión que, respondiendo a dinámicas particulares, influyeron de forma decisiva en el desarrollo de la construcción.

Respecto a la promoción, es precisamente en estos años cuando se confirma el papel rector del Estado que irá alentando desde el marco institucional un ininterrumpido proceso de nuevas construcciones como expresión y concreción del propósito modernizador y prosperidad del país. En el caso de nuestra región y dada su organización administrativa, el Consejo de Castilla se constituye en gestor inmediato de las propuestas de carácter público y su intervención marcará determinadas pautas en los trámites de contratación. En tal sentido, el Consejo de Castilla dirige y supervisa las principales intervenciones efectuadas en la infraestructura viaria burgalesa, acentuando su vigilancia especialmente desde mediados de la centuria con la implantación del Gobierno Ilustrado. Éste, con el propósito de facilitar la generalización de sus reformas, llevó a cabo una política de férreo control en la adjudicación de tal tipo de obras mediante el Consejo y la recien creada Academia de San Fernando. Para lograr esta circunstacia ambas instituciones optaron, dada las numerosas críticas e inconvenientes que estaba generando el sistema de subasta, por nombrar directamente el profesional que debía encargarse de su realización o, cuando menos, de su supervisión.

Participan también en la mecánica regeneracionista los Concejos de las múltiples localidades de la provincia. Con la puesta en marcha de un continuado programa de modernización de sus instalaciones, intentan afirmar su creciente importancia en el seno de una sociedad en vías de secularización. Buscan, así, reforzar su posición como directores del devenir ciudadano frente al tradicional dominio de la Iglesia. No obstante sus actuaciones deben contar, generalmente, con la autorización del Consejo de Castilla y, avanzado el siglo, con la de la Academia de San Fernando. Para conseguir el correspondiente visto bueno tenían que justificar la necesidad y viabilidad económica de sus proyectos mediante un completo informe que presentan a través del Intendente General de la provincia. Los citados organismos, una vez comprobada la veracidad de los datos expuestos, suelen conceder el permiso para empezar las obras vigilando, en muchos casos, su desarrollo por medio de los profesionales a su servicio.[7]

El proceso reformista se ve alentado, de igual modo, debido al notable protagonismo que alcanzaron los promotores particulares. Su decidida actuación en el caserío, facilitando la paulatina renovación de los conjuntos urbanos, debía someterse a las normas dictadas por los Ayuntamientos en esta materia. Sin embargo salvo las principales localidades, como Burgos capital, Aranda de Duero o Miranda de Ebro, existía en la práctica una casi absoluta libertad al respecto.

Aunque el panorama constructivo burgalés presenta, durante el período estudiado, las novedades más significativas en el área del urbanismo y de la arquitectura civil es imprescindible recordar que la Iglesia, tanto regular como secular, mantuvo un papel relevante. Beneficiada por la recuperación experimentada por las rentas agrícolas desde los últimos años del Seiscientos, continua con arduo empeño la tarea de adecuar los conjuntos monásticos, las fábricas parroquiales y las ermitas a las necesidades que imponían los cambios litúrgicos (figuras 5 y 6). Tal fenómeno se hace especialmente evidente a partir de

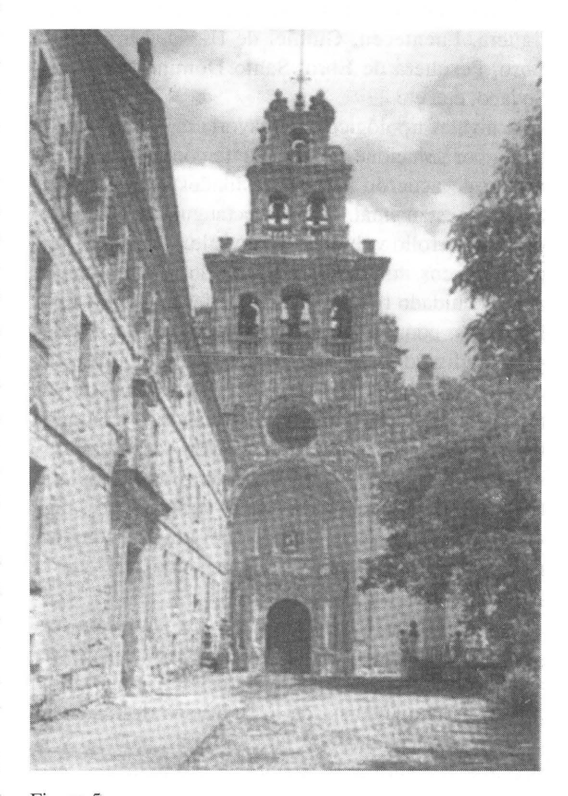


Figura 5
La Vid (Burgos). Monasterio de Santa María. Fachada de la Iglesia

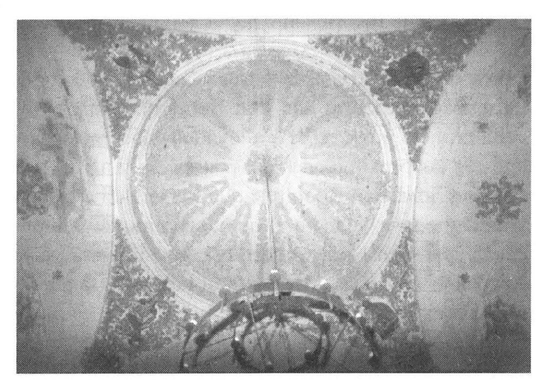


Figura 6
Fuentespina (Burgos). Ermita de la Santísima Trinidad. Detalle de las bóvedas

mediados de la centuria cuando el espíritu regeneracionista que impregnaba todos los ámbitos del país alcanzó, también, a las altas esferas de la jerarquía eclesiástica. En este sentido es necesario tener en cuenta la singular transcendencia que ejercieron algunos Arzobispos burgaleses, así como Obispos oxomenes y segovianos bajo cuya demarcación se hallaba la zona sur de nuestra región, en la reforma de la práctica religiosa. Todo ello deja claras huellas en los procesos de contratación, pues estaban obligados a contar con la licencia del Procurador de cada Órden y del Vicario o Provisor de la Diócesis. Estas figuras, respaldadas por una restrictiva normativa legal, ejercieron una estrecha labor de control sobre la adjudicación y realización de las empresas. Para ello contaban con la inestimable ayuda de los Maestros Titulares de la Órden y del Obispado correspondiente. También las Diócesis se encargaron de velar por la correcta puesta en marcha de aquellos proyectos que, dependientes de fundaciones piadosas, contribuían a mejorar las condiciones del sistema hospitalario y educativo de un amplio número de localidades burgalesas.[8]

PROFESIONALES

La continuidad del marco socio-económico en sus trazos fundamentales supuso la permanencia de los hábitos que venían rigiendo el ejercicio de la construcción en las últimas centurias. Puede afirmarse, así, que, durante estos dos primeros tercios de siglo, sus responsables siguen siendo aquellos profesionales cuya formación y comportamiento reproducían las características propias de la estructura gremial. Proceden, por lo general, de un entorno familiar relacionado con esta actividad, van adquiriendo sus conocimientos en el ejercicio práctico bajo las orientaciones de un maestro acreditado y, al instalarse independientemente, progresan conforme sus diversos grados de habilidad. De acuerdo con ellos asumen distintos niveles de responsabilidad bien proyectando, dirigiendo o ejecutando las obras según lo convenido con el cliente y sin que se hallen establecidas diferenciaciones profesionales para cada uno de estos niveles. No obstante, suelen ser los maestros de mayor prestígio quienes elaboren el correspondiente proyecto cuya realización material pueden, igualmente, llevar a cabo (figuras 7 y 8). Es frecuente, sin embargo, que este último cometido lo efectúen maestros más modestos. Algunos de ellos, según los datos conservados, podrían estar ligados a los círculos de mayor prestigio colaborando de modo sistemático con determinados profesionales destacados.

También en relación con su origen y titulación se mantienen los rasgos más notorios. De forma muy frecuente han nacido en localidades santanderinas que, en la época, pertenecían al Arzobispado de Burgos, son vascos o descienden de profesionales con tales orígenes. Se titulan indistintamente «maestros de obra», «maestros de cantería», «maestros arquitectos de cantería» o «maestros arquitectos en cantería». Estas dos últimas denominaciones, sin embargo, parecen reservadas con carácter específico para artífi-

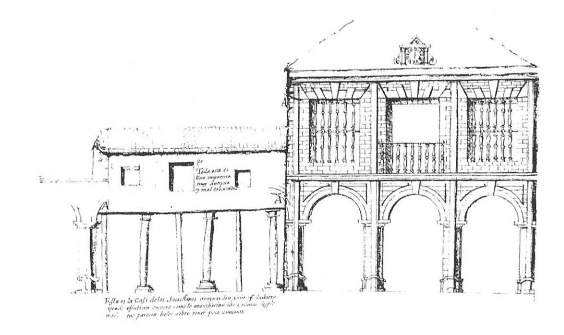


Figura 7
Burgos. Hospital del Rey. Casa de los sacristanes. Proyecto fechado en 1732. A.H.P. Burgos. Prot. 8301/2

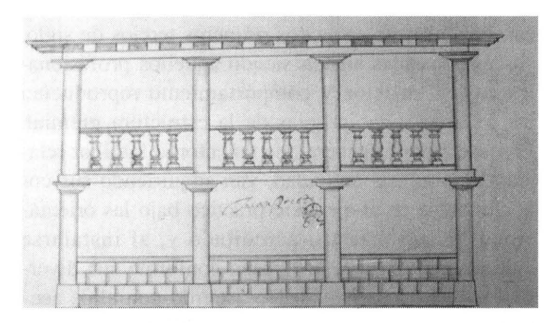


Figura 8
Burgos. Hospital del Rey. Proyecto para la enfermería firmado por Juan Pérez. 1704

ces especializados en obras hidraúlicas. A su vez, aquellos que llegan a obtener un reconocimiento más amplio ocuparán cargos de responsabilidad al servicio del Concejo, de la Diócesis y de la catedral. Tal fué el caso de Jerónimo de la Cueva, Julián de Arbaiza y Francisco de Bazteguieta que actuaron como Maestros Alarifes, dirigiendo la ejecución de las principales empresas concejiles de Burgos. Francisco de Bazteguieta ejerció, también, como Maestro Veedor de la Diócesis de Burgos, José de Borgas ocupó el mismo puesto respecto a las diócesis de Osma y Segovia y Manuel Díez de Gamones alcanzó el título de Maestro General del Obispado segoviano.[9]

Mención especial merecen los profesionales pertenecientes a órdenes religiosas como los benedictinos Francisco Martínez y Pedro Martínez, el carmelita Marcos de Santa Teresa, el premonstratense Mateo de Arana o el mínimo Santiago Martínez. En posición óptima para ir adquiriendo una sólida cultura y dilatada experiencia de acuerdo con las posibilidades de las respectivas casas donde había profesado, lograron un amplio reconocimiento como hábiles y honrados profesionales. Sus contínuas intervenciones en las obras más variadas, despertó las suspicacias de los maestros seglares que, al parecer con bien poco éxito, intentaron evitar su competencia en el campo de las actuaciones civiles.[10]

No obstante, dado que durante el segundo tercio de siglo no sólo comienza a intensificarse la actividad constructiva sino que, también, se produjeron profundas transformaciones, generándose nuevos niveles de demandas, el ejercicio de la profesión va a experimentar cambios muy notables. Por una parte desempeñarán un relevante papel los nuevos ingenieros militares, a quienes se va a confiar obras importantes de infraestructura viaria y las construcciones militares. Tal ocurre con don Bernardo Lana, autor de la primera propuesta para levantar modernos cuarteles en las proximidades del puente de San Pablo, y con don Sebastián Rodolphe que los llevará a cabo a la vez que interviene en el nuevo camino de Santander. Y por otra parte, desde los años 50, será ya la Academia de Bellas Artes de San Fernando la encargada de expedir los títulos de arquitecto de mérito o arquitecto académico a los profesionales que considere debidamente formados para «...idear o dirigir toda suerte de obras...». Y si bien, inicialmente quienes merecieron tal reconocimiento fueron maestros formados en los procedimientos tradicionales, como Juan de Sagarvinaga, Vicente Ubón o Fernando González de Lara, el protagonismo gremial quedaba abolido y se establecía una clara jerarquización y delimitación de cometidos. Así las tareas de proyectar o dirigir las obras públicas correspondería a aquellos que hubieran conseguido el título en el marco académico desde donde se impondrán los criterios destinados a regir el mundo de la construcción hasta bien avanzada la centuria siguiente.[11]

Notas

1. Camarero Bullón, C., «La provincia de Burgos en el siglo de las luces». *Historia de Burgos III. Edad Moderna (I).* Navarra, 1991, pp. 153-269.
2. Iglesias Rouco, L. S. y Zaparaín Yáñez. M. J., «En torno a la actividad profesional en la arquitectura religiosa burgalesa (1600-1650)». *Juan de Herrera y su influencia. Actas del Simposio Camargo 14/17, julio 1992.* Salamanca, 1993, pp. 217-225; Payo Hernánz, R. J., «Aproximación al estudio de la arquitectura clasicista y protobarroca en Burgos y su comarca en el siglo XVII». *Juan de Herrera...*, ob. cit., pp. 227-242, etc.
3. Sobre la actividad constructiva burgalesa durante el Setecientos cfr., entre otros,: Iglesias Rouco, L. S., *Arquitectura y urbanismo Burgos bajo el Reformismo Ilustrado (1747-1813).* Burgos, 1978; «En torno a la arquitectura burgalesa de la primera mitad del siglo XVIII: El maestro Francisco de Bazteguieta». *B.S.A.A.* T. LIX, 1993, pp. 405-422; «En torno a la arquitectura burgalesa de la segunda mitad del siglo XVIII y su problemática profesional». *Actas IX C.E.H.A. El arte español en épocas de transición.* Madrid, T.II, pp. 43-51; Zaparaín Yáñez, M. J., Belorado en los siglos XVII y

XVIII. Su desarrollo urbanístico-arquitectónico. Madrid, 1993; *El Monasterio de Santa María de la Vid. Arte y cultura*. Palencia, 1994, etc.

4. A.H.P.Burgos. Prot. 199/1, fols. 84-83, 2036, fols. 184-187, 3338/1, fols. 114 y ss., 6932/2, fols. 512 y ss. A.H.N. Sec. Consejo de Castilla. Leg. 29225. Exp. Nº 14-15, etc.
5. A.H.P. Burgos. Prots. 83, fols. 110-113, 1429, fols. 548-549, 2698/1, fols. 279-282, 8301/2, fols. 232-250, 10217, fols. 25-27.
6. *Ibídem*. Prots. 184/, fols. 26-28, 968, fols. 17-19, 2753/7, fols. 48-49, 2944, fols. 492-493, 10235, fols. 181-184, etc.
7. *Ibídem*. Prots. 800/4, fols. 9-10, 1840, fols. 149-150, 2698/1, fols. 219-222, 6880, fol. 24, etc.
8. *Ibídem*. Prots. 172, fols. 130-131, 2050, fols. 23-24, 2195/4, fols. 98-112, 2693/2, fols. 199-210, etc.
9. *Ibídem*. Prots. 4826, fols. 287-288, 5067/2, fol. 67, 8391/2, fols. 50-59, 8302/2, fols. 25-35, 8304/2, fols. 381-388, etc.
10. *Ibídem*. Prots. 1701, s/f, 2693/2, fols. 356-357, 5216/4, fol. 12, 5296/1, fol. 62, 5313/2, dols. 140 y ss., etc.
11. *Ibídem*. Prots. 199/1, fols. 84-86, 4819/2, fl. 25, 5063, fols. 221-247, 8307, fols. 133-134, 10216, fols. 13-19, etc.

Obras de desvío y conducción de aguas de avenida en el Término Municipal de Elche

Ramón Irles Más
Santiago Camarasa Segura
Francisco Irles Más

El sureste de la Península Ibérica ha sido desde siempre una zona con recursos hídricos autóctonos muy limitados. La falta de caudales propios se ha visto agravada también por unas precipitaciones anuales medias inferiores a los 300 mm., y por la ausencia de acuíferos subterráneos suficientes. Las lluvias que caen a lo largo del año, lo hacen muy mal repartidas, en tormentas de otoño ocasionalmente intensas y prácticamente nada en el resto del año.

Ante la gran escasez de aguas, los campesinos de la zona han buscado desde fechas sin determinar la captación y el aprovechamiento de todas las aguas disponibles, incluso las difíciles aguas de las avenidas. En esta comunicación se describen varias obras, hasta el momento indocumentadas en su mayoría, de desvío y conducción de estas aguas para su uso en riegos eventuales, desde varios cauces-rambla del término municipal de Elche.

ANTECEDENTES

A largo del presente siglo, algunos historiadores y estudiosos del tema han recogido datos referidos a obras similares (Morales Gil 1968-69; Morales Gil 1989). No se han encontrado referencias específicas relativas a la provincia de Alicante, aunque consta que existen obras de este tipo en varios de sus municipios.

El estudio que se expone está basado principalmente en investigaciones y reconocimientos propios, con escasas fuentes en algunos textos (Ibarra y Ruiz 1912; Morales Gil 1968-69), y datos de archivos y registros de la propiedad (*Archivo Munic. de Elche*).

EL APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS PLUVIALES

Según la forma de captarlas, las aguas de lluvia sobre el terreno pueden clasificarse en:

Escorrentía difusa. Es el agua que discurre durante las precipitaciones por las superficies con poca pendiente. Para evitar su escorrentía sin infiltración suficiente, se prepara el suelo de forma que retenga el agua el mayor tiempo posible. La disposición de los terrenos en *terrazas de cultivo*, es una práctica agraria que se viene usando desde la ocupación romana, incluso antes, y ofrecía la ventaja adicional de disminuir la erosión. El método de cultivo por terrazas se ha ido abandonando paulatinamente desde principios del presente siglo, debido al éxodo rural de los campesinos hacia los núcleos urbanos y a los modernos utillajes de cultivo, difíciles de manejar en las limitadas dimensiones de una terraza.

Escorrentía concentrada. Son las aguas que durante y tras las lluvias torrenciales corren libre y descontroladamente, recogidas en los cauces de ríos, ramblas y barrancos. Suelen denominarse aguas de avenida o de turbia. La captación y uso de estas aguas se llevaba a cabo mediante un pequeño *azud*,

colocado en el cauce transversalmente al sentido de la corriente, cuya función era la de retención de las aguas para su desvío, y un canal de desvío descubierto, localmente llamado *boquera* que empezaba en el extremo del azud, y era construido aprovechando la(s) pared(es) lateral(es) del barranco. La boquera iba ganando altura poco a poco respecto al lecho del cauce para alcanzar la cota de los terrenos laterales que se iban a regar, distribuyéndose mediante una serie de acequias secundarias. En algunas estructuras existía también un vertedero de cola, prolongación de la boquera principal o final de las acequias secundarias, con el fin de devolver a la rambla las aguas las aguas sobrantes.

Las obras de aprovechamiento de aguas de avenida ejercían un pequeño efecto de laminación de las riadas, al tiempo que reducían considerablemente el caudal de éstas, disminuyendo su peligro potencial. El efecto era aún mayor si se disponían varias obras seguidas en un mismo cauce.

Las aguas de turbia eran de gran calidad para el riego, al estar exentas de sales y cargadas de légamo.

La construcción, tanto del azud como de la boquera, se realizaba a base de mam-postería de piedras de diversos tamaños unidas entre sí con argamasa de cal. En algunas ocasiones, también se revestía exteriormente con sillería trabajada.

No había ningún reglamento que las regulara y eran levantadas por los propios campesinos sin más norma consuetudi-naria que limitar el ancho del canal a un máximo de 1/3 del cauce.

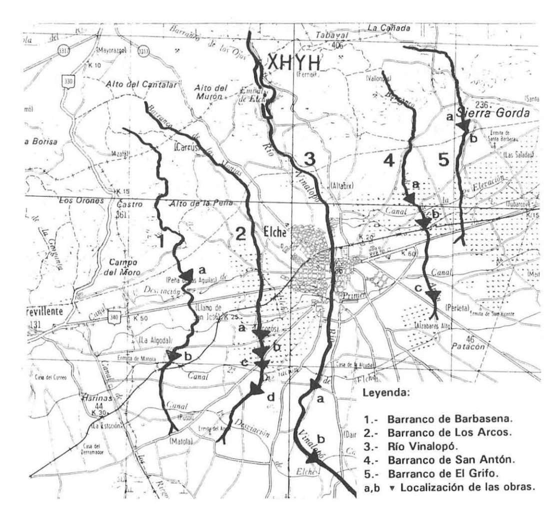


Figura 1
Planta general y situación de las obras

MARCO GEOGRÁFICO

En el Término Municipal de Elche (figura 1) existen cinco cauces importantes. En primer lugar está el Río Vinalopó, un río-rambla cuyo módulo ha sido siempre escaso y que actualmente se reduce a los vertidos en su cauce de los municipios que atraviesa, junto con las crecidas en épocas de lluvias. Atraviesa el Término Municipal y el casco urbano por su mitad, y la calidad de sus aguas es malísima, soportada por escasas especies.

El resto de cauces corresponde a una red de ramblas y barrancos de los que destacan los de Barbasena y Los Arcos en la margen derecha del río, y los de San Antón y El Grifo en la izquierda. Todos estos cauces sólo evacúan aguas con ocasión de lluvias torrenciales, (del orden de 80-100 mm o más en pocas horas), con lo cual el aprovechamiento de sus aguas se limita a muy pocas veces al año, y ni siquiera todos los años.

Todos los barrancos se encuentran interrumpidos en su último tramo por su propio cono de deyección, intensamente antropizado, por lo que cuando llega una avenida se producen inundaciones con daños cuantiosos (Irles Más 1993).

DERIVACIONES DEL VINALOPÓ

Los riegos con aguas del río estaban organizados sobre dos estructuras fundamentales:

En la margen izquierda del río, el agua era procurada por *la Acequia Mayor,* que en la actualidad no recoge agua directamente del río (cerca de quinientos metros aguas abajo del Pantano de Elche se encuentra el llamado Azud de la Casa de las Tablas, que antaño se encargaba de desviar las aguas del río hacia la acequia) sino que transporta un caudal procedente de un canal que desvía el agua del propio río antes de su entrada en el Pantano, para impedir que se torne excesivamente salobre a su paso por él, completamente aterrado y repleto de tierras salinas.

En la margen derecha del río, el agua la facilitaba *la Acequia de Marchena,* tan antigua como la Mayor, que partía de la denominada Rafa Vieja de Marchena, situada a poca distancia aguas arriba del actual casco urbano y destrozada por las múltiples avenidas. A principios de este siglo fue sustituida por otra, construida más arriba, al lado del llamado Molino del Céntimo.

Estas dos instituciones siguen funcionando en la actualidad, proveyendo de aguas a sus áreas regables, y están bien estudiadas y documentadas (Ibarra y Ruiz 1912 y otros).

Además del Embalse de Elche, notable obra de almacenamiento construida a mediados del siglo XVII, y de los desvíos citados aguas arriba del caso urbano, también existen restos de otros azudes aguas abajo:

Azud de los Moros (3a), pequeña presa (figura 2) de la que se desconoce la fecha de construcción y que desviaba por la margen derecha un aporte extra hacia el área reglable de Marchena. Subsiste reconstruido precariamente y su canal de desvío (figura 3) recoge hoy el caudal procedente de una depuradora de aguas residuales, que se utiliza para riego en una extensión de unas 400 Hectáreas, a través de una red basada en la del antiguo desvío.

Azud d'els Comuns (3b), presa totalmente destruida por las avenidas del río. Hoy en día afloran escasos restos de su existencia, y antiguamente también desviaba aguas del río para el riego de los terrenos situados más alejados del área de influencia de la Acequia de Marchena. Su zona regable se extiende hasta unas 700 Hectáreas, y hoy da nombre a una agrupación de agricultores, que, con otros recursos, riegan sobre la base de la antigua red.



Figura 2
Azud de los Moros (3a)



Figura 3
Canal del Azud de los Moros

DERIVACIONES DE LAS RAMBLAS

La investigación efectua en los barrancos del Término Municipal de Elche, ha permitido localizar varias obras existentes actualmente, aunque en ruinas, junto con otras de las que no queda ningún resto y que se han podido localizar gracias a testimonios orales, registros históricos o fotointerpretación.

En general, todas las obras se encuentran en un estado bastante ruinoso, aunque algunas partes de sillería han pervivido mejor.

Para cada obra de derivación se ha estimado la superficie potencialmente regable, según la configuración altimétrica, y el caudal desviado (cuando se han podido medir la sección y pendiente del canal).

Barranco de Barbasena

En este barranco se han localizado dos obras. (1b) tiene el azud totalmente destruido y arrastrado por las aguas y de ella sólo queda un tramo de boquera de sección aproximada de 2 m. de ancho por 1'2 m. de calado. (1a) constaba de una boquera excavada en el terreno, y taponada actualmente para impedir su funcionamiento (figura 4). Las superficies estimadas a que daba riego cada obra son de unas 200 y 50



Figura 4
Embocadura del canal (1a)

Hectáreas respectivamente. Los caudales máximos desviados en cada obra eran del orden de 10 y 30m³/s, consiguiendo una reducción de hasta un 50% para periodos de retorno pequeños, y del orden de un 30% en periodos de unos 100 años.

Barranco de Los Arcos

Con una de las mayores cuencas vertientes, cuatro son las obras localizadas en él, y todas en un trayecto de aproximadamente dos kilómetros en su tramo final. Sus estructuras abarcan desde azudes pequeños de planta circular hasta otras mayores de planta recta y sección escalonada, como la que hoy soporta el paso del *Camino Viejo de Matola* (2a). Esta obra (figura. 5) es una de las mayores encontradas en el municipio, con una superficie regable de unas 150 Hectáreas. El caudal que conseguía desviar era del orden de 15 m³/s, con 1'2 metros de calado en su canal, que en algunos tramos sobrevive casi entero.

Aguas abajo, (2b) está constituida por tres muros de mampostería y argamasa de cal de 1'5 metros de altura y poco espesor, que ciega los ojos centrales de un antiguo acueducto que cruza el barranco (figura 6). Por ambas márgenes se desvían sendos canales, el de derecha casi irreconocible pero el de izquierda permanece casi entero aunque parcialmente aterrado, con una sección de 3 × 1'5 metros, que permitía evacuar un caudal máximo de unos 20 m³/s.

De (2c) sólo se reconoce un tramo de boquera, que se introduce enseguida en los cultivos laterales, hoy rellenada y utilizada como suelo de cultivo. Con un ancho de unos 4 metros, el caudal que podía desviar es de unos 20 m³/s, a calado completo.

Por el contrario, en (2d) sólo se reconoce la base del azud, de planta curva, que soporta hoy el paso de un camino.

Todas las obras encontradas en este barranco, actuando conjuntamente conseguían reducir al barranco un caudal de unos 50 m³/s, lo cual suponía una reducción superior al 50% para periodos de retorno pequeños y de hasta un tercio para retornos de hasta 100 ó 200 años.

Barranco de San Antón

En este barranco existen restos de dos obras de proporciones notables, y evidencias de la existencia de una tercera. El denominado *Azud de Bernia* (figura 7) (4a), consta de una sólida construcción de planta recta y sección en talud, con contrafuertes y vertedero de sillería; de la boquera no queda ningún resto, porque sobre ella, en el lado derecho de la rambla, se construyó un camino. La otra obra localizada (4c), está en el tramo final del barranco, poco antes de donde éste pierde su cauce (figura 8). Entre estas dos, y aunque hoy no quede ningún rastro, sobre fotogramas aéreos de 1.956 ha podido detectarse la (4b), justo antes del paso del barranco bajo la vía del ferrocarril. Su boquera también fue transformada en camino, por el que con ocasión de lluvias torrenciales (sobre todo en la pasada década, con graves episodios de avenidas en el 82, 87 y 89) siguió fun-



Figura 5
Azud (2a)



Figura 6
Azud y canal (2b)

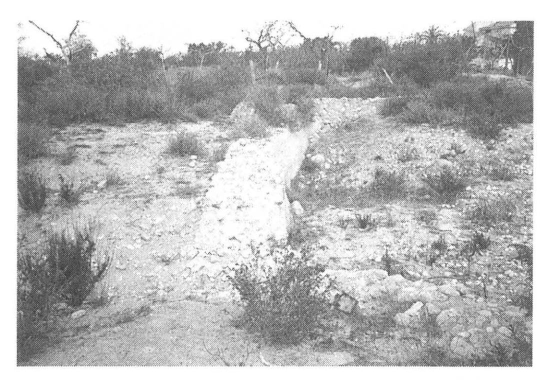
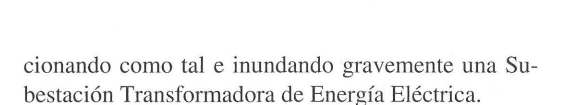


Figura 8
Azud (4c)



cionando como tal e inundando gravemente una Subestación Transformadora de Energía Eléctrica.

Barranco del Grifo

En este barranco, dos han sido las obras encontradas, muy juntas y sin embargo de distinta misión. (5b) es una típica obra de desvío de aguas de avenida, con un azud de planta circular (figura 9), y escasas trazas de la boquera, sobre la margen derecha.

Azud y canal (5b)(5a) se encuentra pocos metros aguas arriba de la anterior, y no es como las demás, ni estructural ni funcionalmente. Se trata de una presa de planta circular y más de cuatro metros de altura con una considerable sección escalonada, y recios estribos laterales de apoyo (figura 10), construida a base de mampostería con argamasa de cal, y con recubrimiento exterior de sillería perfectamente trabajada. Cubre todo el cauce de lado a lado, y su función no era la de desviar agua para el riego, sino la retención de las aguas junto con los materiales sueltos que arrastraban, generando una apreciable extensión cultivable con un suelo de excelentes características.

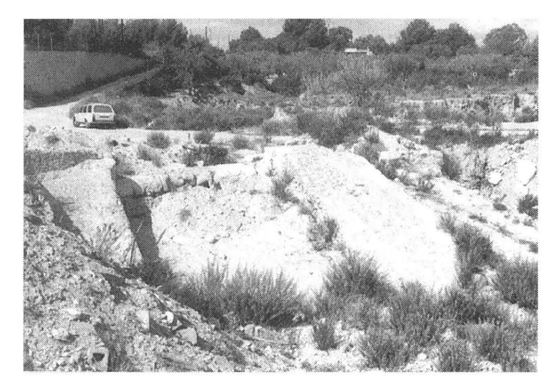


Figura 7
Azud de Bernia (4a)

Conclusión

Las obras de desvío de aguas de avenida para riego han poseído siempre una serie de provechosas ventajas que las han hecho formar parte del típico paisaje agrario del sureste levantino. En primer lugar está el aporte de riegos adicionales a los cultivos, primordiales ante la escasez de recursos de la zona; en segundo lugar está el beneficioso efecto laminador y reductor del caudal de las avenidas, disminuyendo los daños por inundaciones. En esta comunicación se han localizado y descrito brevemente una decena de tales obras situadas en ramblas menores y otras dos en el río Vinalopó, reconocidas por los autores en el Término Municipal de Elche, a las que no se ha encontrado referencia publicada ninguna. Sin embargo, desde principios del presente siglo, con la llegada de otros caudales propios o alóctonos, las boqueras han sido abandonadas. Hoy en día casi todas las obras existentes en Elche presentan un estado ruinoso, e in-

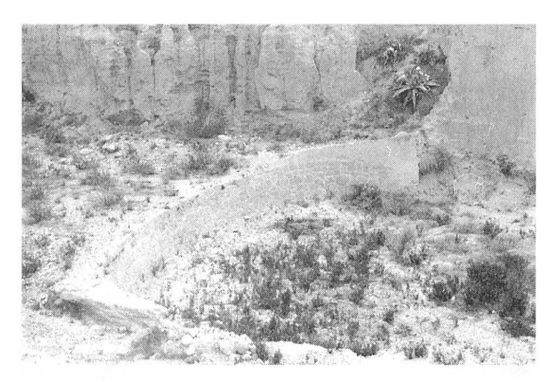



Figura 9



Figura 10
Presa de contención (5a)

cluso algunas han desaparecido totalmente. Ello resulta lamentable, dado que son unas construcciones que forman parte del patrimonio histórico de la obra pública de la región.

BIBLIOGRAFÍA

Archivo Municipal de Elche (Libros de Actas y Protocolos Notariales).

Camarasa Segura, S., *Estudio de las obras hidráulicas históricas de desvío y conducción de aguas de avenida en Término Municipal de Elche* E.P.S., Univ. de Alicante, 1996.

Ibarra y Ruiz, P., *Estudio acerca de la institución del riego en Elche y origen de sus aguas* Madrid, Tipog. J. Rates, 1912.

Irles Más, R. y otros., *Estudio de Soluciones a la Problemática de las inundaciones en el Término Municipal de Elche.* Excmo. Ayuntamiento de Elche, 1993.

Morales Gil, A., *El Riego con aguas de avenida en las laderas subáridas* Dpto. de Geografía. Universidad de Murcia, 1968-1969.

Morales Gil, A., «Abandono y desorganización de los sistemas de riegos de turbias. Su incidencia en la escorrentía», *Los Paisajes del Agua.* Univ. de Valencia y Alicante, 1989.

Tratados españoles del siglo XIX: *Carpintería antigua y moderna* de Federico de Arias

Francisco Javier León Vallejo

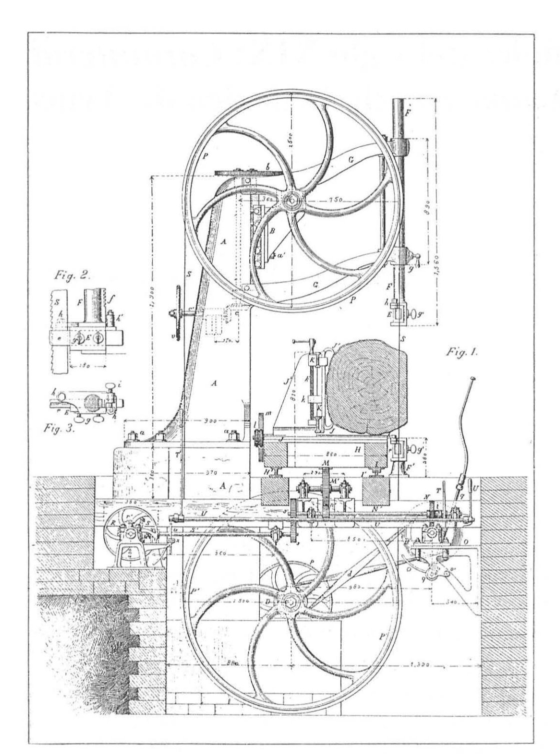
El tratado de Carpintería de Federico de Arias y Scala, editado en Barcelona en 1888 por el establecimiento tipo-litográfico de F. Nacente, es, con toda seguridad, la mejor y más completa obra sobre dicha materia publicada en España en el pasado siglo. Consta de dos volúmenes y un atlas, siendo su contenido general teórico práctico, dirigido a cuantos se interesan o tienen relación con este arte, es decir, según señala el propio editor: carpinteros, ingenieros, arquitectos, maestros de obra, dibujantes, pintores, constructores, alumnos de Escuelas y Academias especiales, etc.

El primer volumen engloba todo lo referente a las maderas de construcción, sus variedades nacionales y exóticas, sus enfermedades y defectos; a las herramientas e instrumentos de la carpintería; a la explotación, preparación, transporte y apilamiento de las piezas de madera; a las tres variedades de ensambles; a los armazones de los muros y tabiques; a los entramados horizontales o de pisos; a los tejados y los armazones inclinados o de cubierta, incluyendo una vasta tipología de armaduras, su ejecución, arcos, entramados antiguos y colgantes, cúpulas, etc. Desarrolla también los capítulos de escaleras correspondientes a la carpintería de taller de obras fijas; el uso del hierro como material auxiliar y componente de los entramados; y estructuras auxiliares como andamios y apeos.

El segundo tomo continúa desarrollando estructuras complementarias: las cimbras; la carpintería aplicada a la cimentación; las construcciones hidráulicas con madera; las obras subterráneas; puentes de todo tipo y ruedas motrices; la carpintería de taller y ebanistería, tanto de obra fija y móvil, como pesada y ligera, incluyendo puertas, balcones y ventanas; puertas de entrada a edificios; verjas y barreras; fachadas de tiendas, decoración de interiores, mostradores y estanterías; pabellones, cobertizos y muebles de iglesia; toda suerte de molduras. Finalmente, incluye dos capítulos técnicos referidos a la resistencia de las maderas y a las sierras mecánicas (figura 1).

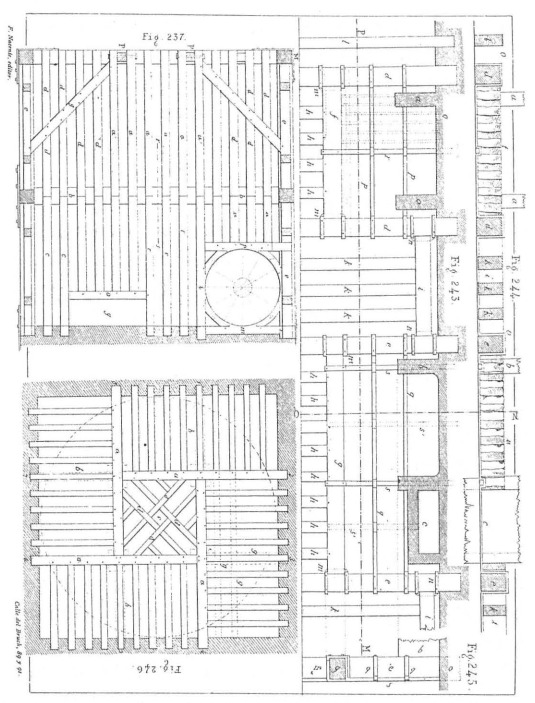
El atlas recoge 578 láminas que incluyen unos 2800 dibujos y gráficos. Las láminas se distribuyen de la siguiente manera: instrumentos, herramientas y máquinas: 48; preparación, corte y apilado: 12; ensambles: 32; armazones verticales: 6; armazones horizontales: 15; entramados de cubierta: 127; escaleras: 11; piezas y elementos metálicos: 3; andamios, apeos y cimbras: 15; cimentación, obras hidráulicas, minas y puentes: 40; secciones resistentes, tablas y ábacos de cálculo: 5; y carpintería de taller y ebanistería: 262.

Si se analiza la importancia relativa concedida a los distintos contenidos del tratado, se observa que el tema específico principal es el de la cubierta y sus entramados, al que se dedican 22 capítulos, 180 páginas de texto, de las 700 que suman los dos volúmenes del tratado, además de los más de 950 dibujos y gráficos explicativos. La carpintería de taller y ebanistería abarca 7 capítulos, 130 páginas de texto y alrededor de 800 dibujos. Los aspectos generales, herramientas, preparación y ensambles ocupan 12


Figura 1

de los tratados clásicos, se basa y recoge la tradición y la experiencia aportada por diversos autores, tanto españoles como europeos, principalmente franceses y alemanes, donde quizá existe por entonces el mayor grado de desarrollo técnico y una mayor capacidad divulgativa. No existiendo aún costumbre de citar la bibliografía utilizada, por lo menos el autor menciona que la obra «se redactó en vista de las obras de Adhemar, Diego López de Arenas, Cabanié, Douliot, Emy, Fourneaux, Frezier, Hassenfratz, Krafft, Merly, Riddel y otros».

Puede decirse que la *Carpintería* del ingeniero Federico de Arias participa del doble carácter que asigna a la propia obra: antiguo y moderno. En efecto, el sabor de este tratado es dual: clásico en su estructura formal y moderno en la de su contenido técnico. Así, conserva la tradicional y radical separación de texto y dibujos explicativos, igual que hacer Rondelet en su famoso *L'Art de Batir*. La minuciosidad y elevada calidad de los dibujos elaborados en láminas con una intencionalidad que trasciende lo meramente explicativo, para rayar con la ilustración


Figura 2

capítulos y casi 150 páginas, junto a unos 600 dibujos y gráficos aclaratorios. La construcción civil abarca 11 capítulos, 70 páginas y más de 200 dibujos. Cabe destacar asimismo la menor atención dedicada a los armazones verticales y horizontales (figura 2), a los que sólo se asignan tres capítulos con 35 páginas y 114 dibujos. Esto podría explicarse, en parte, ya que los entramados verticales exteriores son menos usuales fuera de la arquitectura popular, mientras que los de pisos presentan muchas menos variantes, en comparación con los de cubierta.

La *Carpintería* en el marco de los tratados de construcción

Esta obra se inscribe claramente en el marco histórico de la tratadística más señera por su importancia en un ámbito especializado pero fundamental, junto a los de la cantería y la albañilería, para el mundo del saber y de la práctica constructiva. Como la mayoría

artística. La redacción de cada tema parte, como es la costumbre, de la explicación de ejemplos clásicos, antiguos y modernos, que describe y analiza, incluso con mención de anécdotas, para después pasar a establecer sus propuestas sobre casos más genéricos aunque casi siempre reales.

Así pues, se trasluce con claridad ese carácter empírico del análisis, que expone el saber sobre los modelos existentes y experimentados, y no sobre supuestos meramente teóricos, es decir, tal como se venía haciendo desde la antigüedad, si se exceptúan las geniales propuestas de algunos arquitectos del Renacimiento. En este sentido, el tratado se aproxima a muchas de las obras que desde Vitruvio hasta Alberti, Bails, Rondelet y otros muchos, se han acercado al estudio y divulgación de los métodos de la construcción.

Pero a la vez este tratado contiene los rasgos de un modelo con una visión del arte de trabajar la madera mucho más científica y técnica, al estilo de los tratados franceses, pudiéndose reconocer plenamente dentro de las características de una obra moderna. Varias son las razones que justifican lo anterior:

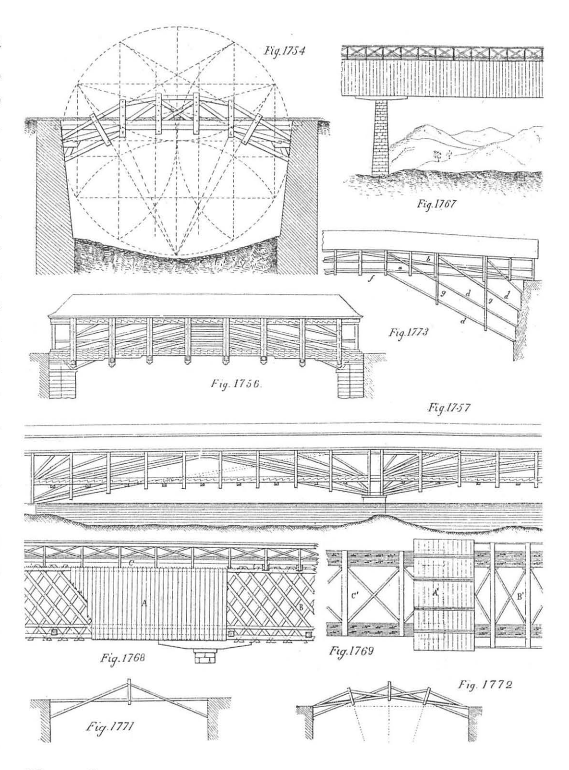


Figura 3

– La estructura de su contenido, perfectamente organizada desde el punto de vista de la metodología didáctica, sin olvidar su intención de ser a la vez eminentemente práctica.

– La precisión geométrica de sus trazados, muchos de ellos de gran complejidad, a la vez que plenamente razonados y justificados.

– Las aportaciones de elementos de apoyo al diseño, en forma de criterios de cálculo, conteniendo un capítulo dedicado a la resistencia de las maderas, que incluye tablas y ábacos para la selección y cálculo de las secciones de las piezas.

– La extraordinaria riqueza de sus contenidos en las aplicaciones de la carpintería de armar en obra civil, ingeniería hidráulica y puentes (figura 3).

– La completa descripción y representación de todos los útiles, herramientas, piezas de unión, sierras mecánicas y otras máquinas necesarias en la serrería o el taller de carpintería

– Por el exhaustivo tratamiento de la carpintería de taller de obra fija y móvil, así como de la ebanistería dedicada a la ornamentación y mobiliario.

– Por la gran claridad y sencillez de las explicaciones, que sin eludir el lenguaje técnico que le corresponde, procura ser accesible, incluso ameno, al lector o estudioso de sus textos, siendo acaso el requisito más importante un cierto conocimiento de la geometría descriptiva.

MÉTODOS DE CÁLCULO Y OTROS CONTENIDOS TÉCNICOS

Uno de los aspectos más importantes del contenido de este tratado de carpintería es, sin duda, el relativo a la resolución de los problemas estructurales que plantean las piezas de madera de los armazones, principalmente, cuchillos, vigas y pies derechos (figura 4). El libro proporciona un conjunto de ábacos para la comprobación de las secciones de vigas y pies derechos, en razón a la selección de dimensiones y tipos de carga aplicados. Todo ello está basado en los conceptos de resistencia de las maderas correspondiente al capítulo LXIII del segundo volumen.

En este capítulo se explican diversos experimentos sobre los que se apoyan las fórmulas de cálculo, en-

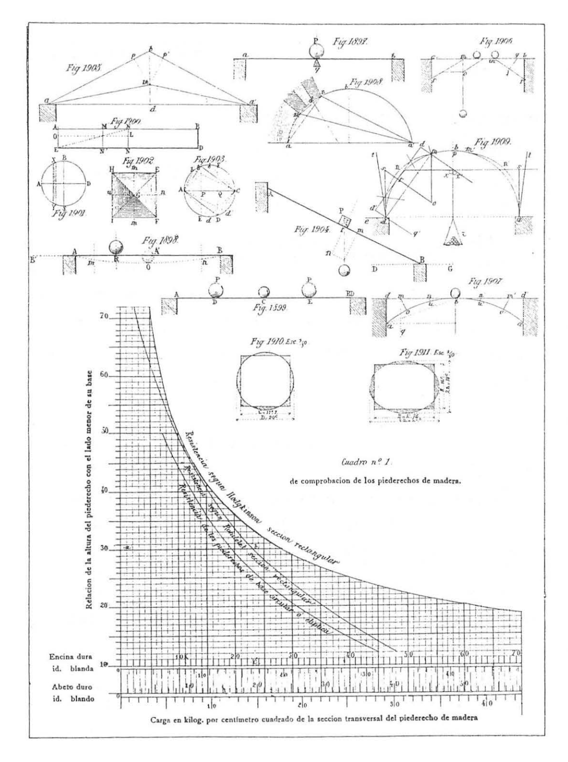


Figura 4

tre los que destacan los efectuados por el arquitecto Rondelet, sobre resistencia de pies derechos, pandeo de soportes y fallo de los mismos por aplastamiento. Basándose en estas leyes, Morin y Hodgkinson propusieron distintas fórmulas para el cálculo de la carga admisible de las secciones cuadrada y rectangular. A partir de estas experiencias y formulaciones se elaboraron distintos cuadros para: comprobación de pies derechos de madera y obtener las escuadrías de éstos, para una carga dada. Asimismo se exponen los conceptos de resistencia a la presión perpendicular a la dirección de las fibras; resistencia al aplastamiento o esfuerzo de tracción en sentido de la longitud de las fibras; resistencia a la ruptura por flexión y resistencia a la torsión.

A continuación se explican distintos problemas estructurales tales como: viga con carga puntual centrada o en un punto cualquiera; viga doblemente empotrada; viga con varias cargas puntuales y con carga repartida; vigas y piezas de entramados sometidas a flexión; comparación de secciones cuadradas y cilíndricas equivalentes; repartición de cargas sobre vigas y columnas en pórticos; reseña sobre cálculo de entramados verticales y cuchillos. Finalmente dedica algunos apartados a los conceptos relativos al cálculo de puentes, arcos, empuje de entramados y de arcos usados en puentes y en estructuras de cubierta.

Además de los capítulos dedicados al estudio y clasificación de la madera, su preparación, ensamblaje (figura 2), herramientas y máquinas de carpintería, cabe destacar, dentro del apartado de carpintería de taller y ebanistería, la exposición de medios de conservación de las maderas de construcción. Se describen lo métodos más modernos de preservación del material, comenzando por los relativos al secado correcto. Se hace un repaso a las formulaciones para evitar la putrefaccción; conservación empleando parafina y petróleo e inyección de las maderas. Finalmente se describen los procedimientos relativos a las maderas de ebanistería: embutidos y su ejecución; sombreados a la arena y al ácido; representación y grabado de flores y arabescos; coloraciones y mordientes; tinturas para distintas maderas o para imitar otras. Especial interés tiene la descripción de los distintos revestimientos para conservación de maderas al exterior: pinturas hidrófugas e incombustibles; metalizaciones; barnices para parqués. También se trata la técnica del chapeado; el pulimento de las maderas; y los procedimientos de restauración de muebles de madera barnizados.

LA ANTIGUA Y LA MODERNA CARPINTERÍA

El nombre de este epígrafe se refiere al subtítulo que acompaña al título principal del tratado. Quiere con ello el autor dejar claro que lo que en él se expone es el conocimiento actual existente en el arte de la carpintería, como desarrollo lógico de una tradición constructiva en madera que se remonta hasta la Antigüedad Clásica. Claro tributo, como ya se ha mencionado, al tratado clásico que se basa en la recopilación y análisis de las obras históricas, con la aportación de algunas más recientes, que no siempre son criticadas favorablemente, en aras de ese prurito tradicional de casi mitificar los ejemplos constructivos de los antiguos.

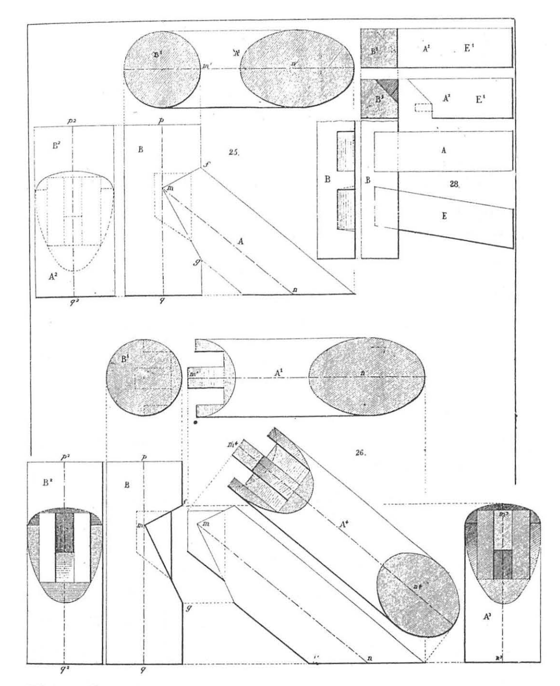


Figura 5

No obstante, la *Carpintería* de Arias no adolece de excesos en esa dirección, sino que más bien se limita a exponer los métodos de construcción de la historia más o menos reciente, aportando unos cuantos ejemplos como referencias bastante próximas a los tipos de modelos más recientes, carácter que puede otorgarse a construcciones de los siglos XVIII y XIX, e incluso algunas anteriores. Por ello puede percibirse que el arte del trabajo de la madera, sobre todo en lo referente a la carpintería de obras afuera, estaba ya muy avanzado desde el Renacimiento, no habiendo existido hasta las décadas finales del XIX más que un mero y lógico desarrollo técnico, y sólo algunas aportaciones novedosas debidas a constructores franceses del estilo de Philibert de L'Orme, Mansard o Emy.

Y aunque en el libro abundan los ejemplos de lo que se considera trabajo antiguo de madera, lo cierto es que la *Carpintería* es una obra predominantemente actual para la época en que fue escrita. Ya el hecho de ser un tratado monográfico, referido a una concreta especialidad dentro del mundo de la construcción, es un primer rasgo diferenciador de la mayor tradición del tratado generalista, universal y divulgador. Pero además, y siguiendo la tónica de los tratados franceses del XIX, pretende ser una obra técnica completa, que cubra todos los aspectos referidos al material, su elaboración, protección, diseño y ejecución, abundando, como es lógico en estos dos últimos como corresponde a un tratado que pretende ser en especial didáctico y práctico. Y sin olvidar los fundamentos científicos del cálculo y resistencia de materiales. Por otro lado, hay que destacar el esfuerzo realizado para contemplar las variantes de soluciones constructivas en las distintas regiones del ámbito nacional, principalmente en el norte, en Madrid, Barcelona y Levante, que ya en esos tiempos parecían apuntar como regiones de mayor grado de desarrollo tecnológico.

Merece la pena aportar un breve resumen de los principales ejemplos de obras anteriores al siglo XIX, recogidas en el tratado, por no ser siempre posible precisar la distinción y, por ello, la transición entre los que el autor considera antiguos y modernos.

Entramados horizontales, entramados a lo Serlio, del XVII, a base de todas las cárdenas (vigas principales) cojas, es decir, embrochaladas, para poder utilizar piezas de menor longitud.

Vigas compuestas, por varias piezas, ninguna de las cuales tiene bastante longitud para correrse de un muro a otro. Ejemplos de los palacios municipales de Amsterdam y Maastricht. También las correspondientes a la construcción de cuchillos (figura 3).

Vigas cuchillo, las armaduras se colocan sobre vigas compuestas o armadas, formando el conjunto una especie de cuchillos, imprescindibles para soportar artesonados. Ejemplo de viga de una sala del museo del Louvre.

Tejas antiguas, supuestamente mejores que las modernas por fabricarse a mano, sencillez de forma y fácil corte. Son las antiguas tejas griegas *tegule irabricatae y tegule hamatae*, conocidas modernamente (1888) por *tegole* y *canali*.

Entramados de cubierta, sistema de Ph. de L'Orme: de tablas puestas de canto formando arcos. Ejemplo de la cubierta del castillo de La Muette, cerca de París. Ejemplo de la cubierta de la sala de los Quintos del Palacio de Borbón, en París, la de mayor extensión realizada en 1797 con cuchillos armados con tablas planas de canto.

Cubiertas romanas: restauración de los cuchillo de la cubierta de la basílica de San Pedro, en 1334. Entramado de cuchillos de San Pablo del Campo, iglesia romana quemada en 1823. Cuchillos de una de las cubiertas más antiguas de Roma, la restaurada en el 816, y la de la restauración de 1590. Cuchillo de la iglesia de Santa Sabina, del 425.

Entramados de la Edad Media, caracterizados por tener tantos cuchillos como sea el número de cuerdas que vayan a colocarse, siendo todos iguales excepto los maestros, distintos a los demás, llamados *de relleno*. En el convento de Metz, de 1278, los maestros se distinguen de los de relleno en que sus piezas son más gruesas y por tener tirante y pendolón del que carecen los simples. Cuchillos de la cubierta de la Sala de los Estados del castillo de Blois (figura 6-1149 Y 1150). Sala del Palacio de Justicia de Rouen, de 1493. Cubierta de la Granja de Meslay, en Tours. Cubiertas islámicas de la fortaleza de Alcalá Real, en Jaen.

Entramados colgantes, o ingleses, de origen medieval, en que las armaduras poseen elementos ornamentales que cuelgan de los pendolones. Cuchillo de la cubierta del palacio de Westminster Hall, de 1399. Cuchillos de la cubierta principal del palacio de Hampton Court, de la cámara del palacio de Crosby y de la Cámara Dorada del Palacio de Justicia de París.

Cúpulas, campanarios, agujas y torres, cúpulas proyectadas por Jousse, Rondelet, Fourneau y Styerme. Cúpula de la iglesia de los inválidos, de Mansard, comenzada en 1670. Campanario quebrado de Basilea. Flecha recta de la Capilla Santa de París. Atalaya medieval, o campanario cuadrado para cuatro campanas.

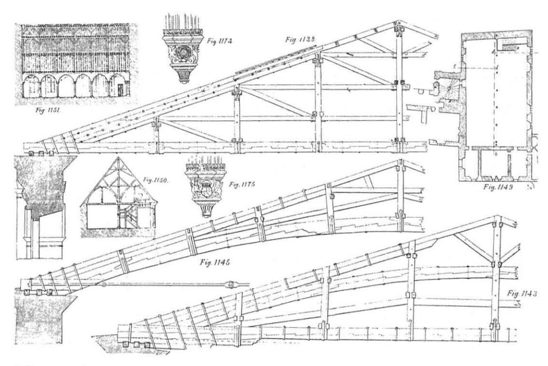


Figura 6

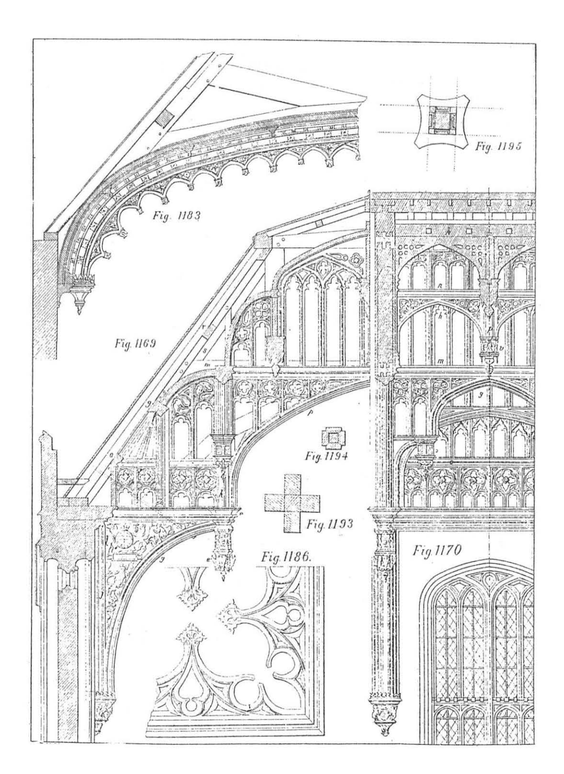


Figura 7

Escaleras antiguas, con espigón, espigón hueco y de dos y cuatro espigones.

Andamios fijos y movibles, andamio fijo para la restauración de la iglesia de San Gervasio, en París (figura 4-1490). Andamio fijo de la flecha de la catedral de Chalons. Andamio fijo para la restauración del Panteón de París (figura 4-1493 a 1498). Andamio movible para la restauración interior, de 1773, de la cúpula de San Pedro, en Roma (figura 4-1501). Andamio giratorio empleado en 1756 para la restauración de la cúpula del Panteón de Roma.

Cimbras, cimbras antiguas de los puentes de Celsius, en Roma y de un arco del puente de Gard, en Nimes. Cimbras flexibles o móviles de los puente de Neuilly, en París y de Orleans. Cimbras fijas de la nave central de San Pedro en Roma. Cimbras de los puentes de Moulins, de 1762, de La Doria, Gloucester y Briançon. Cimbras para la cúpula de San Pedro, en

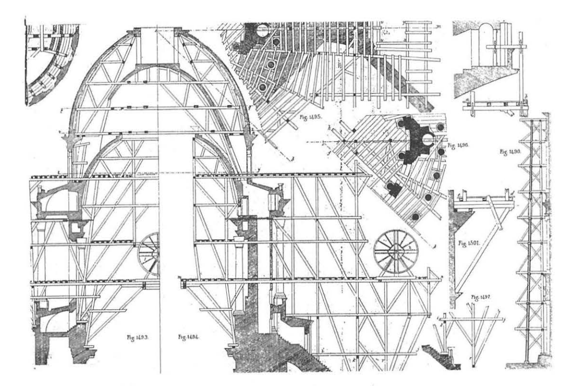


Figura 8

Roma; y para la cúpula del Panteón de París, de Rondelet.

Puentes, antiquísimo puente de Sublicius, sobre el Tíber, construido, según Dionisio de Halicarnaso, por los primeros patriarcas del cristianismo, necesitados de puentes para salir a predicar la religión a uno y otro lado del río, por lo que recibían el apodo de constructores de puentes o *pontífices*. Puente de César sobre el Rhin, del 55 a.C. Puente de la Brenta, en Bassano, construido por Palladio, con gran aumento de la luz de los tramos mediante el empleo de tornapuntas y cruceros. Puente de Kingston, sobre el Támesis, de similares características. Puentes a base de armaduras, como los de Schaffouse (figura 1-1757), construido en 1757 por Grubenmann sobre el Rhin, y el de Wittengen, de 1778. Entre los puentes con armaduras y tornapuntas destacan uno de los construidos por Palladio, y el de Kandel, en Berna, de 1764 (figura 1-1773). Entre los puentes de madera sostenidos por arcos, uno de los más antiguos es el de Trajano sobre el Danubio en Hungría, siendo el más notable el construido en 1828, en Ivry, sobre el Sena.

EL GRAFISMO USADO EN LA *CARPINTERÍA*

La riqueza gráfica es quizás lo más destacable del tratado de Arias, junto a lo completo y sistemático de su contenido literario. De factura clásica, al estilo del grafismo usual en las publicaciones decimonónicas, se caracteriza por la calidad de tratamiento de la línea, y el cuidado y la precisión de los datos y de los elementos trazados. La gran cantidad de dibujos, apretados para permitir disponer casi tres mil de ellos en apenas 600 páginas del atlas, dan idea de la magnitud del trabajo llevado a cabo por los delineantes a las órdenes del autor.

Si algo puede achacarse a esta completísima obra gráfica es, acaso, precisamente su abigarramiento, que conduce, por la necesidad de reducir al máximo la extensión, a una limitada ordenación correlativa de los dibujos. Es difícil, en ocasiones, localizar un determinado dibujo por su número de referencia, pues éstos no siguen un orden, sino que se disponen en los lugares más adecuados por su extensión para minimizar la cantidad de papel empleado. Tampoco puede alabarse la calidad del soporte elegido por el editor, que, aunque con gramaje suficiente, adolece de excesiva fragilidad, acusada seguramente con el paso del tiempo que, a su vez, provoca un excesivo obscurecimiento del papel derivado de la baja calidad de los componentes orgánicos de la pasta empleada. Lejos, desde luego de la calidad telar del tratado de Rondelet.

Ello no impide apreciar la delicadeza del trazo puro y ligero, levemente resaltado en parte para conseguir la ilusión de relieve. O la sencillez del cuidado sombreado mediante rayado, y la laboriosidad y detalle de las texturas y complejas ornamentaciones de las armaduras colgantes y los elementos de ebanistería y mobiliario.

En fin, uno queda enganchado por la mezcla de sencillez de los trazados y la complejidad de muchas figuras difíciles de interpretar sin suficientes conocimientos geométricos. Se aprecia un enorme rigor en el delineado de todos los ensambles, herramientas y maquinaria usada en la carpintería, destacando las láminas que recogen los distintos modelos de sierras mecánicas. Pero donde se observan las mayores cotas de calidad técnica del dibujo es en los trazados de armaduras de cubierta, cuya única limitación es la carencia de escalas gráficas de referencia. Escalas que sí aparecen en los hermosos dibujos de ebanistería, probablemente porque el autor pensó que los primeros debían ser entendidos antes que ejecutados, al contrario que los modelos de puertas, ventanas, molduras y muebles, que serían reproducidos con toda probabilidad en los talleres de carpintería, como puedo dar fe por la experiencia de mi propio padre, del que recibí este tratado.

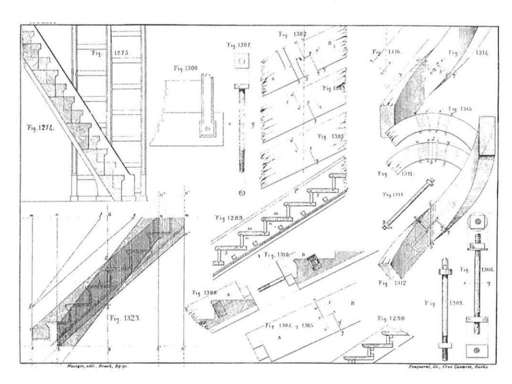


Figura 9

tura horizontal. Vocablos tan sonoros como *escopleadura*, substituida hoy por la más vulgar *caja*. En fin, su lectura aviva la nostalgia de tiempos tranquilos, oficio artesanal pero cuidado y lenguaje aún no constreñido por reglas y academias, que intercambia sin pudor la x por la s y distribuye ocasionalmente los acentos.

En resumen, una obra admirable, que me fascinó desde la niñez, y que es la expresión de una época culta y meticulosa, ávida de conocimiento y progreso. Es el resultado de un extraordinario trabajo por expresar la tradición y el desarrollo de un arte fundamental en la construcción de los edificios y en las vidas de los hombres de su época.

EL LÉXICO DE LA *CARPINTERÍA*

Ante todo, lo primero que se aprecia en el texto del tratado es su lenguaje absolutamente actual, y con ello me refiero al estilo usado en el final del siglo XX. Nada de la retórica de los tratadistas clásicos, al estilo de Bails o los renacentistas. Más se acerca, como parece lógico, a la manera de expresarse de un Rondelet y otros autores del pasado siglo, también en correspondencia con la adecuación a un tema especializado y visto desde el prisma de un ingeniero militar de construcción.

No obstante, sí que resulta gratificante reconocer la fluidez de escritura utilizando el léxico clásico de la carpintería, con toda la riqueza de vocablos hoy en desuso salvo en círculos limitados de carpinteros o aficionados a la historia y la terminología de la construcción, como es mi caso. Abundancia de términos y sinónimos para designar herramientas, piezas, ensambles y operaciones de un arte en decadencia por influjo de los nuevos materiales y la prefabricación. Se reconocen palabras que designan otras cosas que las que en ellas hoy se reconocen, como es el caso de *forjado*, que en la construcción tradicional significaba el relleno complementario al entramado, hoy evolucionada para ser sinónimo de la propia estruc-

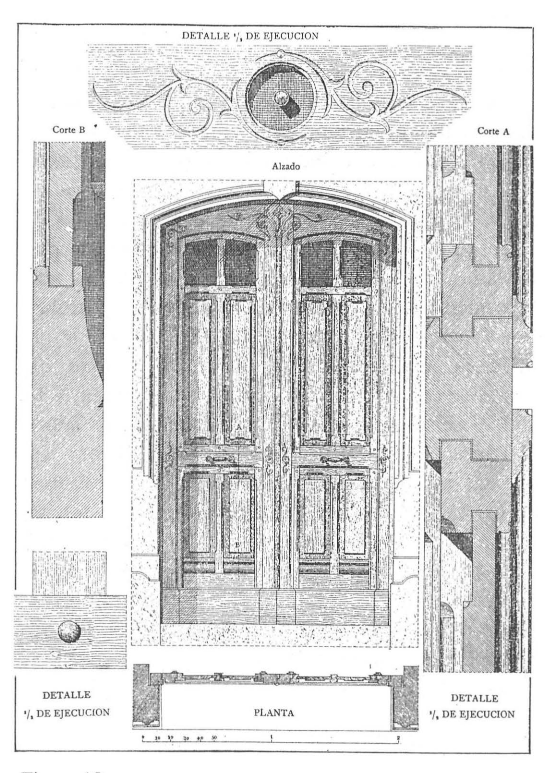


Figura 10

Hipótesis sobre el origen de las cúpulas nervadas y caladas de la arquitectura hispano-musulmana

José A. Llonch Gurrea
Antonio Castro Villalba

El presente trabajo no trata de establecer de forma definitiva el origen real, o la procedencia de las cúpulas nervadas hispano-musulmanas. La cuestión es tan compleja que sólo pretendemos establecer una serie de datos que puedan servir a futuros estudios que resitúen la cuestión.

Es dificil decidir de forma indubitada el origen de las bóvedas y cúpulas, ni el camino por el que su uso se expande por el area mediterranea, pero se puede asegurar que en un momento indeterminado la forma fue definitivamente conseguida en ladrillo, usada por los caldeos y asirios, quienes la transmitieron a los persas sasánidas con unas características específicas. Estas características no se trasmiten a la construcción romana, que aprovecha casi únicamente las formas, ya que disponen de un material distinto, la argamasa vertida, mientras en Bizancio puede que convivan de alguna forma ambas maneras de resolver el problema. Lo que sí se puede asegurar es que bajo el Islam estos elementos alcanzaron una alta calidad arquitectónica en las formas, en las técnicas de ejecución y en su simbolismo.

Es a esta arquitectura y especialmente a la hispano-musulmana, a la que se le puede atribuir la utilización, con cierta preferencia, de las denominadas cúpulas nervadas, aquellas en las que se dejaron vistos, como elementos decorativos, los nervios de refuerzo que sobresalían de la superficie de la cúpula.

Previamente se debe hacer la distinción, dentro de esta tipología, de dos subtipos, que dependen de la dirección de los nervios:

1. Los que son concéntricos en la clave, formando meridianos.
2. Los que se entrecruzan en diferentes direcciones, creando formas complejas, dejando en el centro un polígono o estrella, y que podrían denominarse excéntricos.

Por los datos existentes hoy, los primeros ejemplos de cúpulas nervadas excéntricas son las cuatro existentes en la ampliación que al-Hakam II realizó en la Gran Mezquita Aljama de Córdoba entre los años 961 y 968.

No obstante ser los primeros ejemplos conocidos, la perfección de su ejecución y su rotunda definición suscitan ciertos interrogantes, ya que sugieren la necesidad de unos ensayos previos, de otros ejemplos, posiblemente perdidos hoy, en los que el esquema no fuera tan perfecto. Su ejecución, cuando menos, exige la existencia de un oficio previo,

Desde el punto de vista de su construcción el problema más importante que plantean estas cúpulas nervadas excéntricas es determinar si, como dice Lambert, su origen está en Oriente, o en Occidente.

Se han escrito muchas hipótesis sobre este tema, pero en ninguna de ellas queda aclarado.

C. Ewert relaciona una serie de ellas, señalando las contradicciones que plantean.

F. Hernadez cree que tienen influencia oriental.

G. Marçais da como posible su nacimiento en la Persia de la época susanita en la que, parece ser,

existieron arcos entrelazados unidos por ligeras porciones de bóvedas de medio punto.

Gómez-Moreno les adjudica un origen mesopotámico, señalando como antecedente el pórtico del Santuario de S. Bartolomé de Baxcala, en el Kurdistán del s. IX.

Terrasse cree que la ascendencia es persa o mesopotámica, de época abbasí.

Para E. Lambert posiblemente sean de origen armenio, por su ascendencia común, sasánida o bizantina.

Otros, en fin, ven su probable nacimiento a partir de las bóvedas romanas y bizantinas (entre ellos L. Torres Balbás), a base de reforzar y extraer los nervios del interior del elemento. Esta hipótesis no es verosimil si se tiene en cuenta que los llamados «nervios» romanos de ladrillo, introducidos en la masa de hormigón, no formaban un entramado resistente, como supone Choisy, sino que por el contrario, según opinión de Cozzo y Torres Balbás, opinión que compartimos, solo servían para controlar el vertido de la argamasa. Esta explicación se ve reforzada por el hecho de que algunos de estos «nervios» no llegan hasta la clave, como sucede en el ochavo de Torre dei Scciavi, o villa de los Giordanos, o a los riñones, como en el Ninfeo de los Ortis Liciniani, o Templo de Minerva Médica.

Además estas nervaduras son del subtipo que hemos calificado como concéntricas, o de meridianos, mientras que en Córdoba se utilizaron las excéntricas.

Tambien cabe añadir que es dificil imaginar el proceso por el que los nervios de ladrillo de las bóvedas y cúpulas romanas que normalmente estan embebidos en la masa de hormigón, siendo muy pocos los ejemplos en los que quedan aparentes, como en la Villa Sette-Bassi en la Vía Latina (123-124).

Por último también habría que exponer otra diferencia notable entre las cúpulas utilizadas por los romanos y las usadas, tanto por los bizantinos, como en la arquitectura islámica (la Cúpula de La Roca, es una excepción). Los primeros las construyen sobre una planta circular, mientras los segundos lo hacen sobre una base cuadrada, lo que supone la existencia de aparejos capaces de resolver las entregas entre las dos formas con una geometría complicada.

Normalmente se suele referir en exclusiva las trompas y las pechinas como los elememtos que permiten esa entrega, cuando existen otras soluciones, como las usadas en Ispahan, en la Gran Mezquita y en algunos mausoleos, que no han sido aun bien estudiadas ni descritas con exactitud.

No parecen existir, pues, grandes similitudes entre unas y otras.

Es posteriormente, en época bizantina, cuando probablemente se utilicen las cúpulas con nervios aparentes. Puede que lo sean los leves resaltes de Hagia Sofía en Constantinopla (558), aunque Cyril Mango, al analizar el Myrelaión, construido en el s. X con el mismo esquema, dice que estos nervios o braguetones no eran constructivos, y son sólo la intersección acusada de los segmentos ahusados en los que se divide la cúpula.

En cualquier caso estas nervaduras debieron ser las que posteriormente dieran origen a otra tipología de cúpulas, las agallonadas, o las de acanaladuras y nervios alternados, características, también, de la arquitectura islámica (Qayrawan, al-Zaytuna, etc).

Por otra parte, la cúpula armenia cuyas características son similares a la de Cordoba, es la perteneciente al nartex de la iglesia paleocristiana de Akhpat. En ella, efectivamente, cuatro arcos paralelos a los muros se cortan perpendicularmente, dejando en su centro un cuadrado (no un polígono estrellado), en el que otros cuatro arquitos, de las mismas características que los inferiores, soportan un linternón.

Pero esta cúpula está datada en el año 1280, por lo cual, la influencia habría sido corbobesa, cosa bastante improbable, o, como dice Choisy de forma bastante confusa, ambas «se vinculan con un modelo común».

Ante esta falta de datos, autores más modernos como M. Trachtenberg e I. Hyman, llegan a decir que: «en Córdoba los mahometanos idearon unos puentes de esquina, hechos de arcos lobulados, que alternan con arcos que enmarcan las ventanas y construían un dibujo geométricantente complicado y de nervaduras transversales, que formaban una base octogonal para la cúpula... (que) se ajustan más al Islam que las romanas, con su claridad y tangibilidad material.»

G. Michell dice de Córdoba «es una de las muchas brillantes ímprovisaciones técnicas de la arquitectura musulmana en España».

B. Pavón no se atreve a formular una hipótesis y escribe «Como quiera que sea, Córdoba instala con perfección inusitada y por primera vez la bóveda de nervadurás de trazado clásico en el arte islámico».

T. Burckhardt asegura que «no tiene precedente ni en Oriente ni Occidente.»

Pero si como parece, fuese cierta la originalidad del procedimiento, la pregunta sigue siendo válida: ¿como se llega a esa perfección de ejecución sin existir antecedentes?

Si las cupulitas de Bab Mardum o de la Sinagoga de la Tornerías, ambas toledanas, por su ejecución menos cuidada y menor tamaño, fuesen de época más temprana, permitirían pensar que podían haber sido las precursoras de las de Córdoba, pero la datación (999-1000 y 1054, respectivamente) nos prueba todo lo contrario.

Bruno Zevi, con notable desconocimiento de los antecedentes históricos y de los procesos proyectuales, dice en *Saber ver la arquitectura*: «No es suficiente un arquitecto para construir la Cúpula de San Lorenzo de Turín. Se requiere un conocimiento matemático; si Leibniz no hubiera descubierto el cálculo integral y si los científicos no se hubiesen aplicado a estudiar los métodos de la geometría descriptiva, Guarini, no habría podido crearla.»

Zevi desconoce la arquitectura hispano-musulmana, ya que no hay duda de que Guarini se inspiró en ella, quizá personalmente, aunque este viaje no aparezca claramente en su biografía.

Cúpulas nervadas caladas

En la mayoría de las cúpulas nervadas, la plementería es delgada aunque maciza, formando segmentos ahusados que se apoyan en los nervios, o braguetones.

Pero existen una serie de ejemplares en los que estos segmentos están calados en celosía, convirtiendo este elemento constructivo en pura decoración. Este tipo, según Torres Balbás, aparecen exclusivamente en la arquitectura hispano-musulmana.

Parece que, como en las cúpulas nervadas excéntricas, uno de los primeros ejemplos conocidos, fue el de la hoy desaparecida cupulita que remataba el pabellón del alminar de la Gran Mezquita Aljama de Córdoba, construido por Abd al-Rahman III, en el 951.

Después se construyeron una serie de cupulitas caladas, tanto a un lado como a otro del Estrecho, teniendo sus maxímos exponentes en las mezquitas de Tremecen (1136), Taza (1291-1292) y Fez (1395), así como, la más modesta del Bayt al-Maslat del Hammam Yadid de Rabat (1354).

En Europa, muy posteriormente, en la arquitectura gótica, aparecen unos pocos ejemplares calados parcial o totalmente, todos ellos situados en Burgos, en la Catedral (Capilla del Condestable y la de la Presentación o Visitación), y en la capilla de la Natividad en San Gil, la primera de finales del S.XV y las otras del S XVI.

La última conocida es la de la barroca Iglesia de San Lorenzo de Turín, construida por Guarino Guarini, que no sólo la empleó en varios proyectos, sino que la dio a conocer en su «Trattato».

El posible origen de las bóvedas y cúpulas

A pesar de las dudas que hemos expuesto sobre la datación exacta de los primeros ejemplos que sirvieron como prototipo a las bóvedas y cúpulas nervadas, especialmente a las de tipo cordobes, sobre su ori-

ORIGEN DE LAS CUPULAS NERVADAS

Refugios Leñosos

Elem.		Unión Extremos	Implantación Axial	Implantación Polar
Rígidos	Clavado+Atado	1	1.0	1.1
Flexibles	Clavado+Atado	2	2.1	2.2
Flexibles	2 Clavados	3	3.1	3.2.c 3.2.e

gen, si se puede, como hipótesis, aventurar que si la mayoría de las construcciones de fabrica de la Antigüedad, proceden de los primitivos refugios construidos con madera y demás materiales vegetales, las bóvedas y cúpulas, probablemente, también imitaron a ciertas estructuras leñosas.

Los refugios primitivos, y en concreto los de tipo leñosos, estaban constituidos esencialmente, por una leve estructura revestida, o bien con pieles de animales, o bien con ramas, paja, bálago, etc, que, a veces, se recubrían con barro.

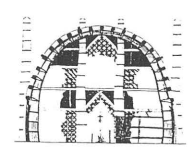
Entre los materiales de la estructura, que eran palos, jalones o postes delgados, habría que hacer la distinción, en función de la capacidad portante y su distinta elasticidad, entre los flexibles y los rígidos.

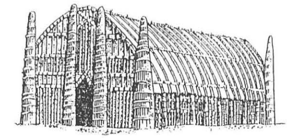
También habría que diferenciar las diversas formas de unir los dos extremos de estos elementos lineales:

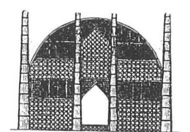
1º. El inferior, por lo general, estaba clavado en el terreno, o unido a otro elemento que lo inmovilice.

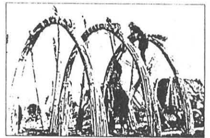
2º. El otro extremo podía estar simplemente atado a los otros palos, en el centro del espacio, o bien, si el elemento era flexible, clavado también en el terreno.

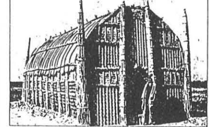
Otro mecanismo evolutivo sería el tipo de implantación que podría ser axial o polar.











Serifas

En el caso que nos ocupa, el primero daría origen a las bóvedas y en el segundo a las cúpulas o similares.

La combinación de estas distintas posibilidades da como resultado diversos tipos de refugios leñosos:

1. Elementos rígidos con un extremo clavado en el suelo, implantados polarmente en forma circular, y atado el otro extremo, concéntricamente, lo que da origen a refugios cónicos,y que pudieron ser los modelos de las cubiertas que, de esta forma geométrica, existen en alminares de mezquitas de estilo otomano o en tumbas, como la de Qabus o Ala al-Din.

2. Elementos flexibles clavados en el suelo y unidos firmemente en el extremo superior, crean un arco de perfil apuntado, carenado o persa,que a su vez:

2.1. La implantación axial, como la de las serifas mesopotámicas, dió origen, según Gordon Childe, a las primeras bóvedas de ladrillos, comunes en esa zona.

2.2. Las de implantación polar, como las yurtas mongolas, cabañas tipica de los nómadas del asia Central, debieron ser las precursoras de las cúpulas apuntadas, también iraníes

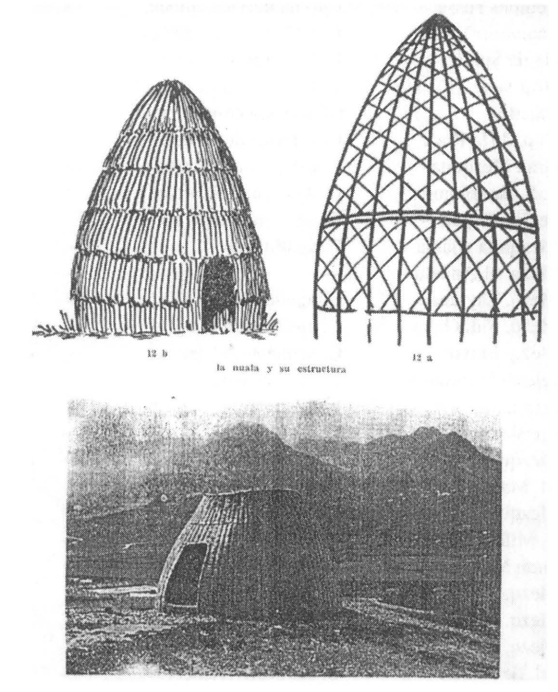
Aunque, no hay que ir tan lejos para encontrar ejemplos parecidos que pudieron ser copiados por arquitecturas más cercana a nosotros, como la hispanomusulmana. Ese es el caso de las nualas marroquíes o las gurbi argelinas, que son cabañas de forma redondeada y techo cónico, ejecutadas con cañas entrelazadas y recubiertas con otros materiales vegetales trenzados («scaff») y a veces con barro. También se utilizaba un tejido, como una especie de estera, confeccionado con hojas de palmitos, o similar, también trenzadas.

3. Cuando los elementos flexibles se clavan por sus dos extremos, originan un arco de medio punto. En el caso de su implantación axial podrían ser origen de las bóvedas de cañón. Cuando es polar, orígina cúpulas semiesféricas, cuyos ejemplos más primitivos pueden ser las katas laponas o las indlu de los zulúes, en este caso revestidas totalmente de barro, etc. Dentro de este tipo, también se podría hacer otra distinción, según estuviesen orientados los arcos, pues en algunos casos estaban colocados en la dirección de los meridianos, y en otros, la más de las veces, se solían colocar excentricamente.

De la existencia de una estructura diferenciada de los materiales que constituían el cerramiento, propia-

mente dicho, se deduce la consecuencia lógica de la aparición de los nervios, tanto en unos tipos como en otros.

Esta hipótesis puede ser válida, ya que este tipo de evolución se ha dado en otros lugares. En la arquitectura primitiva de la India, en cuyos templos rupestres, como el de Karla (o Karli), a las bóvedas y cúpulas esculpidas en la roca se les adicionaban nervios de madera, que imitaban las antiguas construcciones ejecutadas con cañas de bambú. Esta costumbre persistió durante siglos. En la época Gupta Ulterior (S.VI), se construyeron los templos en Ajanta, como el Santuario XXVI, con falsa nervadura, aunque en este caso petreas. Mucho más tarde, en época del mogol Akbar (1560) aún perduraba este sistema constructivo, como se muestra en las cúpulas laterales del Djami-Masdjid de Fatihpur-Sikri.



Nualas

A.Godard indica la existencia, aún hoy día, en parte de Irán, de una primitiva forma de cúpula, en la que un armazón de cañas unidos en la clave, refuerza construcciones de ladrillo. Podría tratarse de las serifas mencionadas más arriba.

Otra hipótesis puede ser que alguno de los revestimientos empleados, materiales vegetales simplemente entretejidos, o trenzados, daban como resultado cerramientos no totalmente opacos, lo cual pudo dar origen, aparte de alguna forma decorativa en el intrados de ciertas cúpulas, a la tipología más específica de las nervadas caladas.

BIBLIOGRAFÍA

Adam, E., *Historia del Arte Universal.* Tomos 9 y 10. *Arquitectura medieval.* Bilbao, 1967.

Adam, J. P., *L'arte di construire preso i romani.* Materiali e techniche. Milano, 1990.

Tabla diacrónica y diatópica de las cúpulas nervadas

Datación	*Período*	*Ubicación*	*Edificio*	*Tipo de Cúpula*	*Obs.*
S. III a. C.	Romano	Spalato (Split)	M. Dioclesiano	B. con nervios ladril	—
56	Romano	Roma ?	Acueduc. Claudio	Nervios ladrillo, apa	—
27	Romano	Roma	Panteón Agrippa	C. aligerada casetone	—
69-79	Romano		Templo de 1 Paz	Aligerada casetones	—
69-80	Romano	Roma	Coliseo Flavio	B. C. nervios lad. emb.	—
S. II	Romano	Roma	Termas Agrippa	Cúpula con nervios	—
S. II	Romano	Roma	Panteón Agrippa	Cúpula con nervios	—
S. II a IV	Transición	Karla (India)	Chaitya d'Karla	C. de falsos nervios	—
123-124	Romano	Vía Latina Roma	V. Sette-Bassi	B. aristas nerv. arist.	—
193-211	Romano	Palatino (Roma)	Séptimo Severo	B. aristas nerv. embeb.	—
238-244	Romano	Roma	Tor de'Schiavi	Cúpula nervios embeb	—
253-268	Romano	Roma	Villa Liciano	Cúpula con nervios	—
286-306	Romano	Roma	T. d Diocleciano	Cúpula nervios embeb.	—
S. IV	Romano	Roma	Jano Cuadrifont	B. aristas nerv. embeb.	—

Tabla diacrónica y diatópica de las cúpulas nervadas (continuación)

Datación	*Período*	*Ubicación*	*Edificio*	*Tipo de Cúpula*	*Obs.*
S. IV	Romano	Malborghetto	Cuadripórtico	B. aristas nerv. embeb.	—
306-313	Romano	Roma	B. d Constantino	B. C. aliger. casetones	—
324-354	Paleocristiano	Roma	Santa Constanza	Cúpula con nervios	—
337-361	Romano	Roma	Templo Tosse	Cúpula nervios embeb.	—
S. VI	Gupta Ulte	Ajanta (India)	Santuario XXVI	B. y C. nervadas embeb.	—
558	Bizantino	Constantinopla	Hagia Sphia	C. nervada concentric	—
618-630	Bizantino	Echmiadzin (Arm.)	Hrip'sime	C. nervada concentric	—
638-640	Bizantino	Mren (Armenia)	Catedral	C. nervada concentric	—
691	Omeya	Jerusalen	Cup. de la Roca	C. esférica de madera	—
706-715	Omeya	Damasco	Gran Mezquita	C. esférica de madera	—
S. IX	—	Baxcala (Kurdist.)	S. S. Bartolomé	C. 4 nervios+B. arista	*
835-836	Aglabi	Qayrawan	de Sidi Oqba	C. agallonada (24 g.)	—
850	Aglabi	Susa	Mezquita aljama	C. agallonada	—
859-860	Idrisi	Fez	Mezq. al-Andalus	—	—
860-864	Aglabi	Túnez	Mezq. Zaytuna	C. agallonada	—
862	Aglabi	Qayrawan	Mezq. Sidi Oqba	C. agallonada (24 g.)	—
888 ?	Califal	Pechina (Alm.)	Mezq. Mayor	C. semiesfe. 11 arcos	—
S. X	Bizantino	Constantinopla	Iglesia Myrelaion	C. nervios concentric	—
S. X	Mozárabe	Santiag. Penalba	Iglesia	B. agallonada	—
S. X	Mozárabe	S. Baud. Berlanga	Iglesia monacal	C. nervada	—
950-990 ?	Califal	Almeria	Mezquita Mayor	C. agallonada	—
951	Califato	Córdoba	M. Mayor-alminar	C. nervada calada	*
961-968	Califal	Córdoba	Mezquita Mayor	C. nervada excéntrica	*
984	Mozárabe	Suso (Logroño)	S. Millan Cogoll.	Bóveda esquifada	—
988	Fatimi	Sfax	Gran Mezquita	B. de aristas	
990-1013	Fatimi	El Cairo	Mezq. al-hakim		
999-1000	Califal	Toledo	Mezq. Baba Mardum	C. nervadas excentric	*
S. XI	Califal	Puerto S. María	Mezq. Al-Qanatir	C. nervada esquifada	—
S. XI	Carolingeo	Aubiac	Igl. de Aubiac	C. semiesférica nerv.	—
S. XI	Carolingeo	S. Martín Tours	Torre Carlomagno	B. Esquifada	—
1017-1028	Taifas	Granada	Mezquita Mayor	Cupulin	*
1036-1082	Salico	Spira	Catedral	Bóveda de aristas	—
1049-1082	Taifas	Zaragoza	Palac. Aljaferia	C. nervada excéntrica	*
1050 ?	Taifas	Toledo	Sin. Tornerías	C. nervadas (varias)	*
1060-1080	Románico	Bayeux	Catedral	C. semiesférica nerv.	—
1072	Románico	Jaca (Huesca)	Catedral	C. semiesférica nerv.	—
1072-1121	Selyucida	Isfaham	Mezquita aljama	C. nervada excéntrica	*
1080	Roman-Norm	Lessay (Norman)	Iglesia	B. de Crucería	—
1080 ?	Románico	Sepúlveda	Iglesia de S. Justo	B. esquifada nervada	—
1086	Románico	S. Ours d'Loches	I. de Saint-Ours	B. esquifada nervada	—
1093	Románico	Sepúlveda (Segovia)	I. de S. Salvador	B. esquifada nervada	—
1093-1130	Románico	Durham	Catedral	C. nervada	—
1098 ?	Románico	Oviedo	Catedral	B. esquifada nervada	—
1100	Románico	Indre et Loire	Abad. de Cormery		
1100	Roman-Norm	Caen (Normandia)	St. Etenne	B. nervada sexpartita	—
1100 ?	Románcio	Bareyo (Santan)	Iglesia	C. esquifada nervada	—
1100-1125	Románico	S. Mihiel	(Loren Igl. S. Miguel)		
S. XII	Almorav.?	Sevilla	Casa P. Banderas	C. nervada excéntrica	*
S. XII	Románcio	Ayerbe (Huesca)	Torre	C. esquifada nervada	—
S. XII	Románico	Oloron	Igl. de S. Cruz	C. nervada concentri.	—

Tabla diacrónica y diatópica de las cúpulas nervadas (continuación)

Datación	*Período*	*Ubicación*	*Edificio*	*Tipo de Cúpula*	*Obs.*
S. XII	Románico	Casall Monferra	Igl. San Evasio	C. nervada excéntrica	*
S. XII	Románico	Torres del Río	Igl. S. Sepulcro	C. nervada excéntrica	*
S. XII	Románico	Almansa (Soria)	Igl. San Miguel	C. nervada excéntrica	*
S. XII	Mudejar	Toledo	Convento S. Fe	C. nervada excéntrica	*
S.XII-XIV	Bizantino	Constantinopla	S.M. Pammakarist	C. nervada concentric	—
1107	Almor-fati	Argel	Mezq. Mayor		—
1110-1120	Fatimi	El Cairo	Mau. Sitta'Atiqa	C. nervada concentric	—
1115-1130	Románico	Moissac	Aba. St. Pierre	C. esquifada	—
1120	Almorávide	Marrakech	Bayt alBadiyyin	C. nervada excéntrica	*
1120	Románico	Aquitania	Igl. Fontevrault		—
1123-1179	Románico	Comminges	Cat. St-Bertrand	B. esquifada	—
1125-1175	Románico	Haute-Garonne	Igl. St. Gaudens		—
1125-1150	Románcio	Maine et Loire	I. de Mouliherne	B. esquifada	—
1130	Románico	Vezelay (Borgo)	Igl. St. Madeleine		—
1130-1160	Románcio	Milán	Iglesia S. Ambrogio		—
1135-1136	Almorávide	Tremecen	Mezquita Mayor	2 C. nerv. exc. calada	*
1140-1143	Gótico	St Denis	Abadia St. Denis		—
1143-1147	Almorávide	Fez	M. al-Qarawiyyin	C. nervada y otras	—
S. XII	Románico	Arévalo (Ávila)	Iglesia S. Martín	B. esquifada nervada	—
S. XII	Románico	S. Cruz d. SEros	Igl. d. S. Cruz S.	C. esférica nervada	—
S. XII	Románcio	Saint-Blaise	Ig. del Hospital	C. nervada excéntrica	*
1153-1154	Almohade	Tinmallal	Mezquita aljma	Bóvedas de mucarnas	—
1155-1160	Gótico	Laon	Catedral	B. nervada crucería	—
1157	Selyucida	Merw	Tumba de Sanjar	C. nervios entrelazados	—
1162-1197	Almohade	Marrakech	Mezq. Kutubiyya	C. gallonada (16 g.)	—
1172-1182	Almohade	Sevilla	Gran Mezquita	?	—
1175-1184	Gótico	Canterbury	Catedral		—
1184 ?	Bizantino	Akhpat (Ahpat)	Capilla Akhpat	C. nervada excéntrica	*
1190-1199	Almohade	Marrakech	Mezq. Alcazaba	C. agallonada (16 g.)	—
1193		Bagdad	Makam Ali bei	C. nervada excéntrica	*
1194	Gótico	Chartres	Catedral		—
1195	Almohade	Rabat	Bab al-Ruah	C. agallonada	—
1200-1239	Románico	Maguncia	Catedral	B. aristas nervada	—
S. XIII	Románica	Salamanca	Catedral Vieja	C. nervada excéntrica	*
1203-1205	Almohade	Fez	Mezq. al-Andalus		—
1214 ?	Mudejar	Burgos	Mon. Las Huelgas	C. nervada excéntrica	*
1220-1258	Gótico	Salisbury	Catedral		—
1220-1239	Gótico	Wells	Catedral		—
1247-1272	Gótico	Beauvais	Catedral		—
1267-1269	Mameluco	El Cairo	Mezq. Baybars I		—
1275	Gótico	Estrasburgo	Catedral		—
1284-1285	Mameluco	El Cairo	Mezq. Qalaun		—
1291-1294	Merini	Taza	Mezquita aljama	C. nervada calada	*
1300-1350	Nazari	Granada	Alc. Alhambra	C. agallondas	—
S. XIV	Nazari	Granada	Rab. S. Sebastián	C. nervada excéntrica	*
1354	Merini	Rabat	Hamman Yadid	C. nervada calada	*
1395	Merini	Fez Jdida	Mezquita Mayor	C. nervada calada	*
1472-1474	Mameluco	El Cairo	Mezq. Qait Bey	C. nervada en zig-zag	—
1668-1687	Barroco	Turín	Igl. S. Lorenzo	C. nervada calada	*

Bassegoda Nonell, J., *La cerámica popular en la arquitectura gótica.* Barcelona, 1983.

Bendala Lucot, F., *Los arcos de fábrica (apuntes).* Barcelona, 1980.

Burckhardt, T., *La civilización hispano-árabe.* Madrid, 1980.

Choisy, A., *Historia de la Arquitectura.* Buenos Aires, 1963.

Creswell, K.A.C., *Compendio de la arquitectura paleoislámica.* Sevilla, 1979.

Díez, E., *Historia del Arte Universal.* Tomo 20. Arte islámico. Bilbao, 1967.

Ewert, C., *Spanisch-Islamische systeme sich Kreuzender Bögen.* Berlín, 1968.

Golvin, L., *Essai sur l'architecture religieuse musulmane.* 1970-1979.

Guidoni, E., *Historia Universal de la Arquitectura. Arquitectura Primitiva.* Madrid 1989.

Gulli, R. y Mochi, G., *Bóvedas Tabicadas.* Architettura e costruzione. Roma, 1995.

Hatje, U., *Historia de los estilos artísticos.* Desde la Antigüedad hasta el Gótico. Madrid, 1973.

Hoag, J.D., *Historia Universal de la Arquitectura.* Arquitectura Islámica. Madrid, 1989.

Huyghe, R., *El arte y el hombre.* Tomo 1 y 2. Barcelona, 1965.

Johnson, H., *La madera.*

J. Mainstone, R., *Hagia Sofía.*

Mango, C., *Architectura Bizantina.*

Marçais, G., *El arte musulmán.* Madrid, 1983.

Michell, G., *La arquitectura del mundo islámico.* Madrid, 1985.

Moneo, R., *La vida de los edificios. Las ampliaciones de la Mezquita de Córdoba.* Revista ARQUITECTURA. 1981-1985.

Papadopoulo, A., *El Islám y el arte musulmán.* Barcelona 1977.

Pavón Maldonado, B., *El Arte Hispano-Musulmán en su Decoración Geométrica.* Madrid, 1975.

Pavón Maldonado, B., *Arte Toledano.*

Petersen, A., *Dictionary of Islamic architecture.*

Pijoan, J., *Historia del arte.* Tomos 1 y 2. Barcelona, 1960.

Ricard, P., *Pour comprendre l'art musulman dans l'Afrique du Nord et en Espagne.*

Sierra Ochoa, A., *Vivienda Marroquí.* Tetúan.

Torres Balbas, L., *Revista Al Andalus* (varios tomos). Madrid-Granada (varios años).

Torres Balbas, L., *Obra Dispersa* (varios tomos). Madrid, 1982

Trachtenberg M. e Hyman I., *Arquitectura. De la prehistória a la postmodernidad.* 1990.

— *Historia Universal de la Arquitectura.* India Islámica. Madrid, 1989.

Proyecto y cálculo de cimbras en el siglo XVIII

Gema López Manzanares

Entendemos aquí por «cimbra», una estructura o armazón provisional, generalmente en madera, sobre la cual se construye una bóveda o un arco.[1] Las cimbras, pues, además de tener un papel fundamental en el replanteo geométrico, deben resistir las cargas que se incrementan sucesivamente hasta que el arco o la bóveda son estables por sí mismos, esto es, cuando se ha colocado la clave, el mortero ha alcanzado una dureza suficiente y se puede «descimbrar». En el proyecto y cálculo de la cimbra se ha de atender, por tanto, a su estabilidad, resistencia y deformación.

Hasta el s. XVIII el cálculo de los grosores de las piezas sólo se hacía a partir de reglas prácticas, validadas por la experiencia. Palladio, en *I quattro libri dell'Architettura*, en el s. XVI,[2] al hablar de los puentes de madera, estructuralmente similares a las cimbras, da cuatro tipos básicos y finaliza diciendo que las dimensiones de los casos particulares se resolverán proporcionalmente a las que él señala. Pero ahora comienzan a surgir los primeros estudios teóricos, escasos, sobre el proyecto y cálculo de las cimbras. Conviven con numerosos tratados prácticos de Carpintería, que siguen proponiendo reglas de proporción o simplemente se ocupan del proyecto y los detalles constructivos: Blondel, Jousse, Leupold, Gautier, Sturm, Pitrou (figura 1).[3] La tensa relación entre teoría y práctica siempre es reflejada por los estudiosos de los que aquí nos ocuparemos.

En cuanto al tipo de cimbra habitual, ésta, o bien se apoyaba sobre el suelo o bien lo hacía directamente en los arranques de las bóvedas, con una dis-

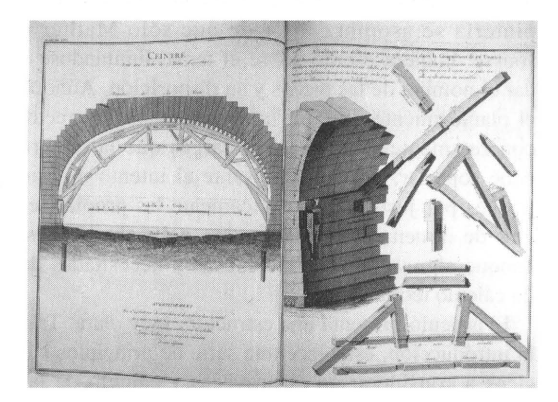


Figura 1
Proyecto de cimbra y detalles constructivos (Pitrou, *Recueil de differents projets d'Architecture,* 1756)

posición rígida, a base de pares inclinados, elementos verticales y tirantes. En el s. XVIII aparece un nuevo tipo de cimbra, la *retroussé*, a base de polígonos inscritos en la bóveda, que permitía un ahorro considerable de material y espacio, pero a costa de una excesiva deformación. Esta fue causa de problemas en relación con la geometría y la propia ejecución de la bóveda, como ya señala Rondelet en el s. XIX,[4] y que limitarán su uso. Los estudios de la primera mitad del siglo se refieren a las cimbras rígidas apoyadas en los arranques de las bóvedas. En la segunda el interés se desplaza hacia el nuevo tipo de cimbra flexible.

Cimbras rígidas: Pitot, Couplet y Frézier

Pitot

En 1726, Pitot publica en las *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de París* un artículo titulado «Examen de la force qu'il faut donner aux Cintres dont on se sert dans la construction des grandes Voutes, des Arches des Ponts, etc.»[5] Es el primero que trata de dar una base teórica al cálculo de los elementos que componen las cimbras, extensible al campo de la Carpintería en general. En la introducción precisamente se señala en qué estado se encontraban las «Artes» no mecánicas, cuyo progreso se había basado en la pericia de los buenos constructores, en una serie de reglas perfeccionadas por la práctica, y no en principios teóricos. Esta carencia impedía llegar a soluciones óptimas. Y en el campo concreto de la Carpintería se asombra Pitot de que sólo Mathurin Jousse[6] hubiera escrito sobre el tema, limitándose a dar el nombre de las piezas y su disposición. Aunque el planteamiento de Pitot no es totalmente correcto, concretamente al evaluar las cargas que la cimbra debe soportar, resulta interesante el intento de este francés por justificar científicamente las propias reglas de dimensionado habituales, sobreabundantes, aunque algunas veces defectuosas y necesitadas de un cálculo teórico.

El artículo presenta una estructura muy clara. Tras la introducción, establece una serie de principios básicos a considerar en el proyecto y cálculo de las cimbras. Después, en ocho apartados establece las hipótesis y los pasos a seguir para determinar, primero la carga que una cimbra, cuyas piezas ya están predimensionadas, es capaz de soportar, tanto a través de un método gráfico como matemático y, por último, las dimensiones de las piezas para una carga dada.

Comienza Pitot definiendo la palabra *Cintre* o, en italiano *Armature*. De estos elementos depende la ejecución de las bóvedas, y la propia seguridad de los obreros. En cuanto a la organización de las piezas, no quiere entrar en juicios acerca de la perfección de una u otra, puesto que su interés es el cálculo y no tanto el proyecto. Cita de nuevo a Jousse, que da tres modelos de cimbra, y a Blondel,[7] que se limita a proponer como ejemplo la que Antonio Sangallo empleó para construir las bóvedas de San Pedro de Roma (figura 2).[8] Por su parte, Pitot establece dos tipos básicos de cimbra, uno para un arco de medio

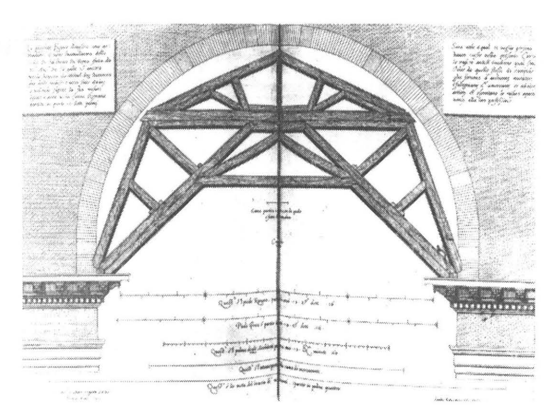


Figura 2
Cimbra empleada por Antonio Sangallo en la construcción de las bóvedas de San Pedro de Roma (Lafréry, *Speculum Romanae magnificentiae*, 1561?)

punto de 60 pies de diámetro (19,5 m) y otro para un arco rebajado de 80 pies de luz (26 m) y 30 de flecha (9,75 m), con las dimensiones razonables de los diversos elementos de la cimbra (figura 3). Y para terminar da una serie de recomendaciones de proyecto:

1º Que siempre haya una tercera pieza que enlace piezas simétricas, como la GH o la DR, de la figura 3.

2º Que se eviten en lo posible las cruces de San Andrés.

3º No se puede contabilizar la contribución de las uniones a caja y espiga a la resistencia de la cimbra, sobre todo en piezas oblicuas, donde hay que emplear piezas de atado, PQ en la figura 3. Un buen proyecto de cimbra, además, puede prescindir de ese tipo de uniones.

Geometría y disposición de las piezas

Tras determinar el objeto de su análisis comienza Pitot a describir las fases que se habrán de seguir. Así en la primera nota describe un método para el trazado geométrico de la cimbra de una bóveda rebajada. La forma de la cimbra es la que luego tendrá el intradós de la bóveda y además tiene una clara relación con la estabilidad de ésta. Cita los métodos propuestos por Serlio,[9] Blondel, con los que se obtiene una curvatura elíptica. El de La Hire,[10] en 1702, daba una parábola. Pitot escoge el más usado en la prác-

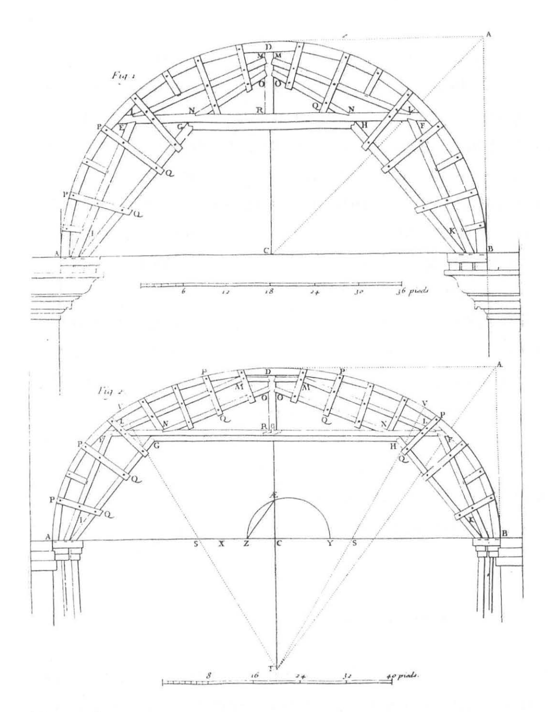


Figura 3
Modelos tipo de cimbra (Pitot, «De la force qu'il faut donner aux Cintres...,» *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de París*, 1726)

tica, y que se basa en tres arcos de círculo de 60º cada uno, con tres centros, S, T, S y dos radios de curvatura distintos, teniendo como datos de partida el diámetro y la flecha, figura 2 de la figura 3.

Una vez descrito el trazado del arco rebajado (el de medio punto no ofrece dificultad), sigue Pitot utilizando reglas geométricas para determinar la colocación de las diversas piezas. La pieza que determina el diseño de la cimbra es el tirante. La posición de este está relacionada con el comportamiento estático de la bóveda, y así se debe colocar en el punto más débil, en palabras de Pitot. Punto que se obtiene trazando las tangentes AD y AB a la curva, en la clave y en el arranque respectivamente, figura 3, y después una perpendicular a la curva desde A, siendo el punto de intersección F el que determina la posición del tirante. Cuando el tirante supere los 60 pies (19,5 m) habrá que reforzarlo con las piezas GH de la figura 3. Esto se hizo en la cimbra de la cúpula de los Inválidos de París, según se indica en el artículo.

Evaluación de cargas.

Aclara Pitot en el tercer apartado que para construir una bóveda hacen falta varias de las cimbras descritas. Se colocan habitualmente a intervalos de 6 ó 7 pies (1,25 ó 2, 27 m). Para sus cálculos tomará 6 pies, que es la porción de bóveda que habrá de soportar la cimbra. También fija el espesor de la bóveda, que tomará de 7 pies como valor tipo, teniendo en cuenta la presencia de relleno en el trasdós. Primero se calculará el área de la sección de la bóveda para obtener el volumen, donde AG = 7 pies en la figura 3 de la figura 4, y después se multiplicará por 6 pies, que es el tramo de bóveda que corresponde a cada cimbra. En el caso de la bóveda rebajada se sumarán las áreas de los tres tramos de distinta curvatura, con PA = 7 pies, figura 4 de la figura 4.

Una vez calculado el volumen de la bóveda, es necesario conocer el peso específico del material. Además de hablar de la existencia de tablas donde se puede hallar dicho peso, cita un método que permite hallarlo fácilmente. Este consiste en pesar un trozo

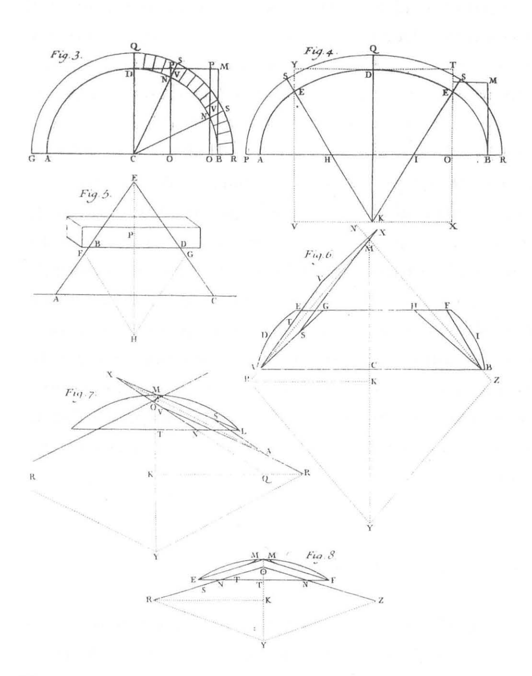


Figura 4
Fases del cálculo de una cimbra (Pitot, «De la force qu'il faut donner aux Cintres...,» *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de París*, 1726)

del material en cuestión, y compararlo con lo que pesa cuando se le sumerge en agua. La diferencia de pesos es lo que pesa el agua desalojada y sabiendo que el peso del agua es de 72 libras por pie cúbico, se obtendrá el volumen del trozo sumergido. Dividiendo el peso en el aire por ese volumen obtendremos el peso específico del material. Así, para el cálculo se considerará que un cubo de piedra de l pie de lado pesa 160 libras (2285 kg/m^3).

A continuación Pitot expone ya su propia teoría. Hasta ahora simplemente había fijado ciertos parámetros para simplificar los cálculos. El peso total del tramo de bóveda a resistir se obtenía multiplicando el volumen calculado por el peso específico del material. ¿Pero es éste el peso que realmente soporta la cimbra? Pitot lo reduce según la proporción 11/14 ($\pi/4$), cuando se trata del peso total de un arco o bóveda de medio punto. Para demostrar el porqué de esa reducción imagina una dovela, en un momento intermedio de la construcción. Se comportará como un objeto sobre un plano inclinado, donde el peso se descompone en dos fuerzas, una normal al plano y otra paralela al mismo. Supone que la fuerza normal al plano se transmitirá a través de la propia bóveda, pero la paralela es la que debe resistir la cimbra. La relación entre el peso y dicha componente paralela al plano, es igual a la relación entre el radio CN y el cateto NO de la figura 3, en la figura 4. Imaginando infinitos planos de corte, el sumatorio de los infinitos radios, o sea el área del cuadrado BCDM, sería al de los infinitos catetos, o área del sector circular BCD, como el Peso total es al Peso reducido, o soportado por la cimbra. Para evaluar el peso reducido de zonas parciales de la bóveda habrá que establecer la proporción con el mismo criterio, ahora ligeramente diferente a 11/14. Esto último habrá que hacerlo necesariamente cuando se trata de evaluar el peso total de una forma rebajada, al componerse de tramos de distinta curvatura.

Características del material.

En el apartado 7 se determinan las características del material, concretamente su resistencia. En esa época se hacían ensayos para conocer el comportamiento de los distintos tipos de madera, en función de la clase de esfuerzo: tracción, compresión o flexión, y de la posición, vertical o inclinada, de las piezas. Pitot nombra a estudiosos como Galileo, Mariotte, Carcavy, Roberval, Huygens, Parent, Varignon.[11] En sus propios ensayos utiliza la madera de roble, para la que obtiene una resistencia media en tracción de 50 libras por línea cuadrada (462 kp/cm^2). En compresión obtiene un valor ligeramente superior, de 60, aunque toma 50 en todo caso. Reconoce la proporcionalidad de la resistencia al área de las piezas, que a veces presenta excepciones.

En segundo lugar hay que tener en cuenta la posición de las piezas y su ensamblaje, que supone aplicar reducciones en la resistencia. En los problemas que él plantea, los elementos que enlazan transversalmente las piezas resistentes permiten no aplicar esas reducciones, aunque debido a la imperfección de la construcción siempre haya que considerar una menor resistencia real que la calculada.

Paralelogramo de fuerzas.

Después de evaluar las cargas y la resistencia del material, expone Pitot en el apartado 8, el principio físico en que se basa su método, el del paralelogramo de fuerzas, figura 5 de la figura 4, según el cual se pueden componer pares de fuerzas dadas sucesivamente hasta obtener la resultante global.

Método de cálculo.

Y por último, en el noveno apartado indica que, para resolver el problema, es mejor considerar la estructura descompuesta en partes más pequeñas. En los ejemplos propuestos se consideran separadamente la parte superior de la cimbra, que habrá de soportar el peso de la bóveda situada por encima del tirante, y la inferior, que soportará el peso total (aclara Pitot que a la reducción del peso aplicada en la nota siete, no añade la que produciría la fuerza de rozamiento, que realmente anula los esfuerzos sobre la cimbra desde el arranque de la bóveda hasta el ángulo de rozamiento). Además, al contabilizar la contribución de las piezas curvas, estima que se las puede considerar rectas y con la misma inclinación que la pieza resistente recta más próxima.

En la segunda parte del artículo plantea Pitot tres problemas, cuyas soluciones se obtienen inmediatamente siguiendo los pasos previos. En el primer y se-

gundo problema se trata de obtener el peso que una cimbra es capaz de resistir, dadas las dimensiones de cada una de sus piezas, según las reglas de proporción habituales. Lo resuelve en el primer caso mediante «*Regle & Compas*», esto es, gráficamente; en el segundo, mediante cálculos trigonométricos. El tercer problema es inverso, puesto que para una carga dada, se pretenden obtener los grosores de las piezas, manteniendo la relación proporcional existente en la práctica. En definitiva, primero realiza una verificación teórica de las cimbras empleadas habitualmente, sobredimensionadas en la mayoría de los casos. Pero cita el caso del puente de l'Isle-Adam, que tuvo que ser reforzado como confirmaron sus cálculos, ya que las piezas no eran capaces de resistir el peso reducido de la bóveda. Tanto en un caso como en otro se justifica el empleo de la teoría.

El primer y segundo problema son resueltos de una forma general, y después se concretan para los dos tipos de cimbra considerados, el arco de medio punto y el rebajado de la figura 3. Se trata de obtener para cada pieza, excepto el tirante y los elementos de riostra, la fuerza máxima que podrían resistir, multiplicando su área por la tensión de la madera, es decir, considera que los esfuerzos serían paralelos a las piezas. Primero, calcula la fuerza resistida por las piezas IE, IG, rectas, y la curva AP, que suma a la IE, figura 6 de la figura 4. Obtiene la resultante AX, que compuesta con su simétrica da MY, magnitud que habrá que comparar con el peso reducido total de la bóveda. En segundo lugar, comprueba el peso resistido por la parte superior de la cimbra, LM, NM, y la curva PD, resolviendo tanto el caso en que las direcciones de los esfuerzos convergen, figura 7 de la figura 4, en el arco de medio punto, como el que presenta esfuerzos paralelos, figura 8 de la figura 4, en la rebajada. Y para terminar, plantea el método inverso basándose en los paralelogramos de fuerzas obtenidos anteriormente.

Hay que destacar que Pitot no intenta conocer la situación real de la estructura, sino averiguar la carga de colapso de la misma. Utilizando los conceptos de la teoría plástica del cálculo de estructuras, se puede decir que busca una situación posible de equilibrio. Si existe, la estructura será válida. Sin embargo, en el planteamiento de Pitot hay varios errores en la evaluación de las cargas. Uno es consciente, y se trata de la existencia de la fuerza de rozamiento, que él no considera y que reduciría el valor de la componente del peso paralela al plano de corte. Él reconoce que por esa razón el arranque de la bóveda no ejercería ninguna fuerza sobre la cimbra hasta alcanzar un cierto ángulo la inclinación de las dovelas; pero tampoco otros autores consideran el rozamiento, lo que estaría del lado de la seguridad. (Tampoco tiene en cuenta la influencia del peso de las dovelas situadas por encima de una dovela determinada, que reduce los esfuerzos que ejerce esta aisladamente sobre la cimbra, según explicará Couplet). El otro error consiste en sumar las componentes del peso de las dovelas, de dirección radial, como si fueran verticales, y compararlas directamente con el peso de la bóveda, que sí es vertical. Es decir, debería haber comparado las proyecciones verticales. El peso soportado por la cimbra sería en consecuencia menor que el obtenido por Pitot, conservador en todo caso y que además, como corregirá Couplet, se equivoca al obtener la proporción 11/14 que expresa la relación entre el peso reducido y el total de la bóveda.

Couplet

En 1729, Couplet publica, también en las *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris*, un artículo con el título «De la poussée des Voûtes».[12] En la última parte se ocupa de uno de los aspectos a tener en cuenta al proyectar y calcular una cimbra, el de la evaluación de las cargas que realmente le transmite la bóveda. Cita a Pitot, al que dedica los dos últimos apartados para corregir los errores cometidos en su artículo de 1726 en relación con este tema de las cargas.

Considera una bóveda semicircular de espesor uniforme, en el momento en que sólo queda por colocar la clave. El rozamiento no se tiene en cuenta. Y, aquí hay una aportación interesante, mientras Pitot consideraba las dovelas como piezas libres, que al tratar de resbalar sobre el plano de su junta ejercen una fuerza contra la cimbra, que depende de su peso y de la inclinación, Couplet tiene en cuenta el peso de las dovelas situadas por encima de una dada, MmYV en la figura 5, representado por el segmento BN. Este peso se descompone en dos fuerzas, BF y BL. El empuje BL perpendicular a la junta, puesto que no hay rozamiento, tiene una componente OQ en sentido contrario a la que hace resbalar la dovela. La resultante de ambas es la que habrá de soportar la cimbra,

que en un punto determinado se hace cero. Pues bien, Couplet determina en primer lugar la fórmula que permite obtener en cada punto el esfuerzo radial que se ejerce sobre la cimbra y así, el ángulo a partir del cual este esfuerzo es cero, que resulta ser de 30º desde el arranque. Después, obtiene la resultante de todos esos esfuerzos radiales mediante integración, de manera que el Peso total de un tramo de bóveda es al Peso transmitido a la cimbra como la longitud del arco KM es a 2PM-KM, figura 5.

Para terminar, Couplet adopta las hipótesis de Pitot para demostrar que, aun teniéndolas por razonables, se ha equivocado. Así, considera que la fuerza ejercida sobre la cimbra en un punto no está influida por el peso de la parte superior. Y según eso, obtiene la relación KM/PM para expresar la que existe entre el peso total y el ejercido sobre la cimbra. Y suponiendo que se toma el semiarco completo, obtiene una relación de 11/7, mayor que el 14/11 que obtenía Pitot. Lo explica gráficamente en la figura 6, donde la relación entre el área cilíndrica AKTH y la cuña AKT (cuya superficie es igual a la del cuadrado KLTC) es la que realmente existe entre el peso total y el soportado por la cimbra, y no la que guardan el cuadrado KLTC y el cuarto de círculo KCT, como hacía Pitot. Pitot integró mal según Couplet.

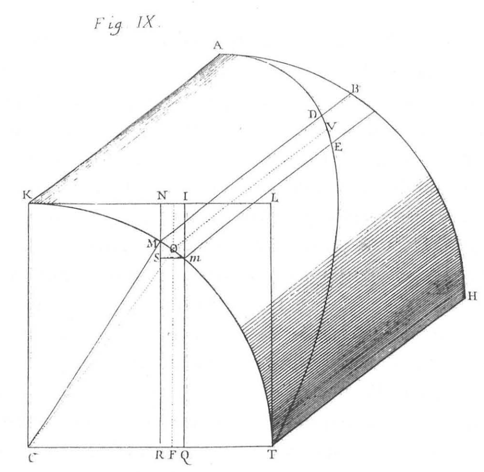


Figura 6
Relación geométrica entre áreas que expresa la existente entre el peso total de la bóveda y el transmitido a la cimbra según las hipótesis de Pitot (Couplet, «De la poussée des voûtes», *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de París*, 1729)

Pero Couplet comete un error, como Pitot, al no considerar el carácter vectorial de las fuerzas radiales que integra. Y, ¿qué pasa con las dovelas situadas por debajo de 30º? Según su planteamiento la fuerza sería de tracción, en lugar de compresión contra la cimbra.[13] De todos modos, su aclaración se produce en otro contexto más general, que le servía para apoyar su teoría sobre el comportamiento de las bóvedas. Además, el método de Couplet afina mucho más, incluso despreciando el rozamiento. Un siglo más tarde, Rankine[14] adoptará el mismo planteamiento que Couplet. Resulta significativo que en este tema de la evaluación de cargas, el grado de conocimiento en torno al comportamiento estructural de las bóvedas y los arcos, incide directamente en su resolución. Es un paso previo del proyecto y cálculo de cimbras en el que, sin embargo, descubrimos una cierta indecisión

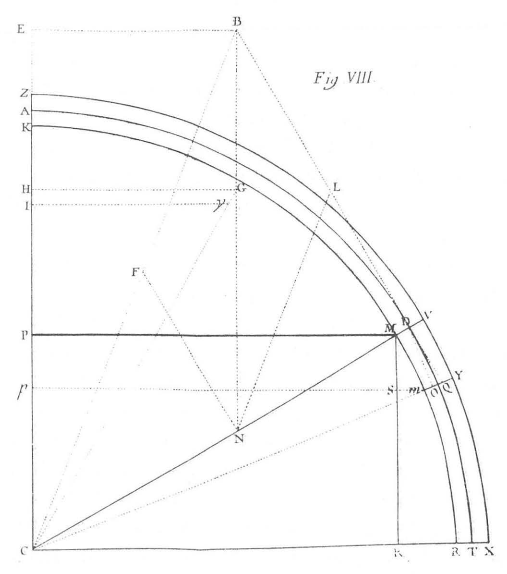


Figura 5
Transmisión de cargas de una bóveda a una cimbra (Couplet, «De la poussée des voûtes», *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de París*, 1729)

Frézier

Diez años más tarde Frézier, en el último volumen de *La Theorie et la Pratique de la Coupe des Pierres et*

des Bois,[15] realiza una síntesis del trabajo de Pitot y Couplet. Para evaluar la carga que las bóvedas transmiten a las cimbras se basa en Couplet, y para hallar la «fuerza» de las cimbras, en Pitot. Aunque repite los pasos de los anteriores, muestra un ejemplo concreto de cómo se obtiene esa carga, que resume en la proporción 4/9 del peso total del semiarco. Después da una serie de recomendaciones de proyecto acerca de la disposición de los elementos de la cimbra, variable en función de la luz que han de salvar. La resistencia depende de dicha disposición y no tanto del tipo de uniones de las piezas. La disposición con tirante o elemento horizontal permite, en luces ya importantes, disminuir la longitud de las piezas y, además, cumple una función resistente en el punto donde, según él, el empuje es más fuerte. Habla de la carga de la propia cimbra, que hasta ahora no había sido considerada y recomienda dar mayor resistencia que la calculada a las cimbras, en favor de la seguridad de los obreros y el éxito del trabajo. Para terminar se refiere a las precauciones a tomar en el momento de descimbrar, que ha de procurar hacerse de una forma homogénea en todos los puntos, para evitar descensos mayores en unos sitios que en otros, que pudiesen alterar la forma y, por tanto, afectar a la seguridad del arco o la bóveda recién construidos.

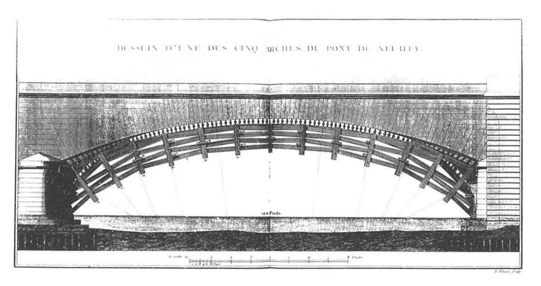


Figura 7
Ejemplo de cimbra *retroussé* (Perronet, «Mémoire sur le cintrement et le décintrement des ponts...,» *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de París,* 1834)

CIMBRAS FLEXIBLES: LORGNA

En la segunda mitad del siglo encontramos al italiano Lorgna, con su *Saggi di statica e meccanica applicate,* de 1782.[16] El capítulo quinto lo dedica a las estructuras de madera: cimbras y puentes. Pero se advierte un cambio en el tipo de cimbras estudiado. Al parecer la teoría en relación con las cimbras rígidas había quedado fijada con el artículo de Pitot y las correcciones de Couplet. El interés se centra ahora en las *retroussés*, una serie de polígonos inscritos en el arco enlazados por piezas de atado transversal, sin tirantes o puntales. Según Rondelet,[17] Mansard pasa por ser el inventor de este tipo de cimbra, que empleó en el Pont à Moulins, en 1706, pero, en realidad, fue Claude Perrault, en un puente de madera sobre el Sena, en Sévres. Más tarde, Perronet,[18] al que cita Lorgna, la estudió profundamente e hizo que se extendiera, puesto que suponía un ahorro considerable de material, figura 7.

Sin embargo, ya Lorgna señala uno de los inconvenientes que hay que resolver en este tipo de cimbras, el de las deformaciones, y que las harán no recomendables para grandes luces. Su solución no busca tanto obtener la resistencia de las cimbras, como evitar que se altere su geometría conforme aumenta la carga, realzándose en la parte superior al mismo tiempo que descienden los riñones. Esto es, se preocupa de las fases previas a la colocación de la clave, no sólo al instante en que sólo resta ésta por ser colocada, que desde el punto de vista de la resistencia era el más desfavorable.

Como Pitot, comienza el capítulo defendiendo las ventajas de la teoría a la hora de proyectar las cimbras, que también debe estar en relación con la experiencia práctica. Realiza previamente una serie de consideraciones de proyecto. Aquí es importante conocer el ángulo de rozamiento, puesto que la cimbra, la parte resistente, sólo es necesaria por encima de aquél. Esto es más favorable desde el punto de vista de la deformación, al ser el arco de menor longitud. Este punto dará la luz máxima de la cimbra, y para obtenerlo explica los ensayos por él realizados con distintos materiales y morteros. Finalmente toma un ángulo de 30º (aunque los datos obtenidos indican ángulos mayores), a partir del cual empieza a trabajar lo que él llama *armadura de la cimbra*, puesto que la cimbra es todo el conjunto desde el arranque de la bóveda o arco.

El segundo paso es determinar el número de lados del polígono inscrito más próximo a la bóveda o arco, una vez conocida la luz FI, figura XXV de la figura 8. Conviene que en la clave exista un tramo horizontal. El cálculo que realiza Lorgna después, consiste en obtener los pesos auxiliares que habrán de

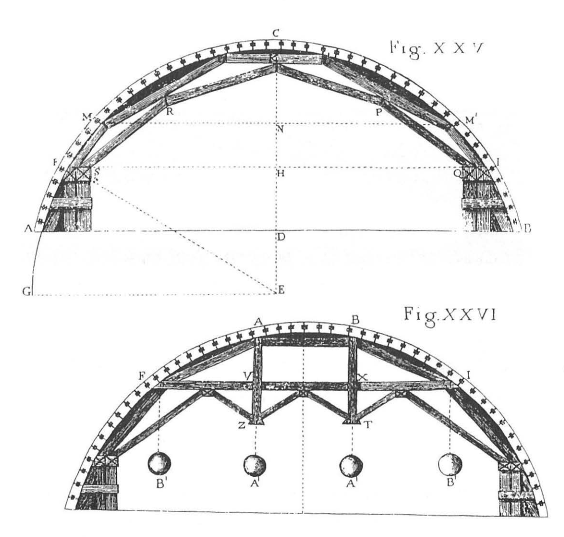


Figura 8
Modelo tipo de cimbra *retroussé* (Lorgna, *Saggi di statica e meccanica applicate*, 1782)

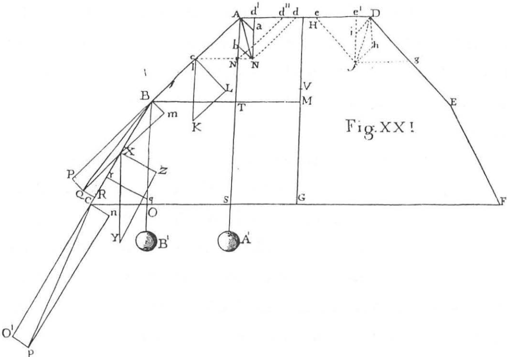


Figura 9
Modelo de análisis de la cimbra (Lorgna, *Saggi di statica e meccanica applicate*, 1782)

colocarse en la parte superior de la cimbra, variables en función del avance en la construcción de la fábrica, que va incrementando el peso que carga sobre la cimbra hasta que se coloca la clave. El objetivo de esos pesos auxiliares es mantener la forma de la cimbra. Y Lorgna pensaba que esta forma se mantendría si los esfuerzos se transmitían según los ejes de las piezas que componen el polígono, figura 9. Para ello considera que el peso de los diversos elementos se descompone en una fuerza paralela a su dirección y otra perpendicular. Esta última se reparte por igual entre los nudos extremos. Busca el equilibrio en cada nudo, teniendo en cuenta posibles fuerzas puntuales A', B' aplicadas en ellos. Lo que obtiene en el capítulo anterior, al que refiere los cálculos de los que habla en el capítulo que nos ocupa, es una fórmula que responde a la condición que deben cumplir la geometría, los pesos de los elementos y los pesos auxiliares. Esa condición es la de que la componente QR sea igual a qr + XZ/2, para que el esfuerzo tenga la dirección CO', figura 9. Cuando la geometría está dada, como en el ejemplo propuesto, figura XXV de la figura 8, las variables son los pesos (en este caso no aplica fuerzas en los nudos) pudiendo combinar el efecto de la bóveda o el arco sobre la cimbra con una carga intencionadamente colocada en la clave que va variando para conseguir que las fuerzas se transmitan siempre dentro de la geometría del polígono.

A veces es mejor colocar elementos horizontales, como en la figura XXVI de la figura 8, que a su vez requieren elementos en la parte inferior que impidan su deformación parcial. En este ejemplo sí tiene en cuenta pesos auxiliares A', B' que unidos a los pesos de los elementos añadidos mantienen la forma de la cimbra

Termina su apartado dedicado a las cimbras planteando el problema del descimbramiento y la deformación de la bóveda, problema más difícil de controlar, y que quizá no resulta tan grave. Procurar una resistencia y ligazón suficiente entre las partes de la bóveda; utilizar elementos de bronce o cobre a modo de anclajes, o un corte especial de las juntas en la clave; fraguado en agua para acelerar el proceso: son recomendaciones para mantener la geometría de la bóveda.

La aportación de Lorgna supone como novedad la consideración del equilibrio en los nudos. Pero vemos que, como Pitot, busca una situación posible de equilibrio, que no tiene por qué ser la real (no tiene en cuenta el tipo de nudo, ni el reparto de cargas entre los distintos polígonos). Y ésta es una situación similar a la de las estructuras de fábrica, geométrica. Es decir, un arco es estable si existe una línea de empujes posible dentro de la geometría del arco, en este caso una especie de arco poligonal muy fino. Sin embargo, reconoce que su método es un tanto complejo, porque el estado de cargas varía en cada momento. Y

además, aunque no sabe cuantificarla, es consciente de la deformación que inevitablemente se produce en la cimbra debida a la elasticidad del propio material, que en unos elementos está comprimido y en otros traccionado.

En el s. XIX encontraremos a Rondelet,[19] que recoge los estudios que acabamos de ver pero termina dando de nuevo reglas prácticas de proporción. Más tarde Robison[20] planteará la resolución de estructuras de barras mediante el equilibrio de los nudos. Para terminar en Rankine,[21] que expone la teoría sobre cimbras basada en el planteamiento de Couplet, ya correctamente desarrollada. Pero entonces las estructuras de fábrica empezarán a caer en desuso y el interés de la teoría en los aspectos relacionados con ellas, como las cimbras, se desplazará a otro tipo de estructuras. Hoy, sin embargo, vuelven a ser objeto de nuestro estudio.

NOTAS

1. Paniagua, J. R., *Vocabulario básico de Arquitectura* (Madrid: Ediciones Cátedra, 1993), p. 97.
2. Palladio, A., *I quattro libri dell'Architettura Di Andrea Palladio* (Venecia: Dominico de´ Franceschi, 1570), L. III, cap. V, pp. 61-67.
3. Blondel, F. N., *Cours d'Architecture* (París: Chez l´Auteur, 1698). M. Jousse, *L'Art de Charpenterie* (París: Charles-Antoine Jombert, 1702). J. Leupold, *Theatrum Pontificiale oder Shau-Platz der Brücken und Brücken-Baues* (Leipzig: Joh. Gledischens seel. Sohn, 1726). H. Gautier, *Traité des Ponts* (París: 1728). L. C. Sturm, *Vollstandige Anweisung alle Arten von Kirchen wohl anzugeben* (Augsburg: Jeremiae Wolffens & Joh. Matthias Schönigt, 1746), Tomo I. M. Pitrou, *Recueil de different projets d´Architecture de Charpentre et autres Concernant la Construction des Ponts* (París: Chez la Veuve de l'Auteur, 1756).
4. Rondelet, J., «Des Cintres», *Traité théorique et pratique de l'Art de Bâtir* (París: Chez Firmin Didot Frères, 1834), L. V, chap. II, pp. 162-175.
5. Pitot, H.,«De la force qu´il faut donner aux Cintres dont on se sert dans la construction des grandes Voutes, des Arches des Ponts, etc.» *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris* (1726), pp. 216-236.
6. Jousse, *op. cit.*
7. Blondel, *op. cit.*
8. Lafréry, A. *Speculum Romanae magnificentiae*, (1561?)
9. S. Serlio, *The Five Books of Architecture. An Unabridged Reprint of the English Edition of 1611* (NewYork: Dover, 1982).
10. La Hire, P. «Remarques sur la forme de quelques arcs dont on se sert en architecture.» *Mémoires de l' Académie Royale des Sciences de París* (1702), pp. 94-97.
11. Galilei, G., *Discorsi e Dimostrazioni matematiche intorno à due nuove scienze attenenti alla Mecanica & i movimenti locali* (Leiden: Elsevier, 1688). E. Mariotte, *Traité du mouvement des eaux* (París: E. Michallet, 1686). A. Parent, *Essais et recherches de mathematique et de physique* (París: Nully, 1713) Vol. 2, p. 567; vol. 3, p. 187. M. Varignon, «De la résistance des solides en général pour tout ce qu´on peut faire d´hypothêses touchant la force ou la ténacité des Fibres des Corps á rompre; Et en particulier pour les hypothêses de Galilée & de M. Mariotte,» *Mémoires de l´Académie Royale des Sciences de París* (1702), pp. 66-94. S. P. Timoshenko, *History of Strength of Materials* (New York: Dover, 1983)
12. Couplet, P. «De la poussée des voûtes,» *Mémoires de l´Académie Royale des Sciences de Paris* (1729), pp. 79-117.
13. Heyman, J. *Teoría, historia y restauración de Estructuras de Fábrica* (Madrid: Instituto Juan de Herrera, ETSAM, 1995), pp. 191-192.
14. Rankine, W. J. M., «Centres for Arches,» *A Manual of Civil Engineering* (London: Griffin Bohn and Company, 1863), pp. 485-493.
15. Frézier, A. F., «Seconde Apendice: De la force des ceintres de Charpente pour la construction des Voutes,» *La Theorie et la Pratique de la Coupe des Pierres et des Bois* (París: Charles-Antoine Jombert, 1739), pp. 408-413.
16. Lorgna, A. M., *Saggi di statica e meccanica applicate* (Verona: Per Dionigi Ramanzini, 1782), cap. IV y V.
17. Rondelet, op. cit., p. 163.
18. Perronet, J. R., «Mémoire sur le cintrement et le décintrement des ponts, et sur les differens mouvemens que prennent les voûtes pendent leur construction,» *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris* (1773), pp. 33-51.
19. Rondelet, *op. cit.*
20. Young, T. «Carpentry,» *Treatises on Architecture, Building, Masonry, Joinery and Carpentry from the Encyclopaedia Britannica, seventh edition* (Edinburgh: Adam and Charles Black, 1839), pp. 137-157.
21. Rankine, op. cit.

Cambios (materiales, técnicas y estructuras) en las fortificaciones nazaríes tras la conquista castellana

M.ª Inmaculada López Ramón

Hemos centrado nuestro estudio en la que fue la frontera oriental entre Castilla y el Reino Nazarí, zona que en la actualidad se reparten las provincias de Almería y Murcia, concretamente el norte de Almería y suroeste de Murcia. Nos ha parecido interesante debido a la destacada presencia de estructuras castrales de época medieval. Las fortalezas que estudiaremos son el Castillo de Xiquena, el de Vélez-Rubio y el de Vélez-Blanco, aunque según las fuentes existirían otras como Tirieza, ligada siempre a Xiquena, y Cella, que aparece citada como fortificación y población o monasterio mozárabe de la sierra de Topares, despoblada en la Baja Edad Media. Las noticias que tenemos de Tirieza hacen referencia al pleito que sostuvo la ciudad de Lorca con el Marqués de los Vélez, siendo ésta la causa de su despoblamiento.[1]

La forma de organizar la frontera en época nazarí nos recuerda al limes romano-bizantino, que repartía sus fortificaciones por caminos y puntos estratégicos, multiplicándose de tal forma que cada propiedad agrícola se encontró transformada en un fuerte o estaba próxima a un lugar fortificado, formando así sucesivas barreras que garantizaban la seguridad del territorio, frenaban la presión enemiga y ofrecían un refugio a la población en caso de invasión. También llevaba a cabo la necesaria labor de vigilancia de la población contenida dentro del territorio tutelado. Creemos que esta asimilación de la fortificación romano-bizantina se produce por un lado en Oriente, en los primeros tiempos de la expansión del Islam, reutilizandose este tipo de fortificaciones y cuando no era posible copiando sus modelos en nuevas construcciones. En el norte de África los beréberes entran en contacto con el limes romano-bizantino, y el conocimiento adquirido lo aplicarán en el siglo XII, cuando establecen su limes al norte del Guadalquivir, para frenar la presión de los cristianos. De esta forma los beréberes producen una síntesis que abarca elementos fortificadores romanos, bizantinos y persas, agrupando la experiencia de toda la historia de la fortificación en Europa y Oriente Próximo.[2]

XIQUENA

El recinto exterior, presenta dos cuerpos, el primero de mampostería de grandes sillarejos reforzada en las esquinas con sillares, sirve de base al segundo que es de un tapial muy pobre en cal. Todo este conjunto creemos que debe ser la construcción que el marqués de Villena encargó después de 1470. Encontramos repartidas por el recinto exterior varias mirillas y troneras, no muy comunes en obras nazaríes.

La entrada se produce por una rampa que lleva a un arco de medio punto, con grandes dovelas de sillares, que se abre en una bestorre (figura 1).[3]

La torre tiene forma tronco piramidal, más estrecha en la parte superior, tiene un parche de adobes en un vértice, lugar que debían ocupar los sillares; presenta unos huecos en la cara principal sobre el arco de acceso, que posiblemente se correspondan a un

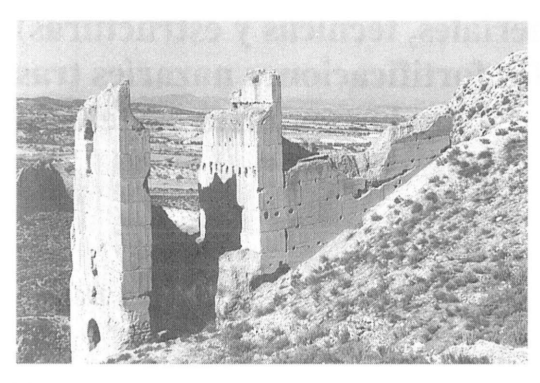


Figura 1
Bestorre de Xiquena donde se localiza el acceso principal del recinto

hueco picado en el muro y a una tronera, en la parte superior aparece una ventana. Esta construcción parece seguir el típico aparejo nazarí, al tratarse de mampostería con sillares en las esquinas en el cuerpo inferior, y tapial en el superior, pero no es obra nazarí, pudiera ser obra de albañiles musulmanes de la zona. En el lado este se sitúa un postigo de sillares formando un arco de medio punto, al que se accede por una rampa.

En el recinto superior (figura 2) encontramos estructuras correspondientes a dos momentos constructivos claramente diferenciados. Las más visibles, dos torres, parecen ser obra del infante don Juan Manuel (1330). La torre de planta rectangular, de mampostería de pequeños sillarejos de aspecto muy apretado y consistente, en su base se engrosa, redondeándose sus vértices, con aspecto de talud; presenta una ventana en el vértice Oeste. Del mismo aparejo es la torre cilíndrica del extremo Oeste del recinto superior, que sigue el modelo de las torres atalayas musulmanas, lo que ha llevado a pensar que sería obra nazarí. Se observan tres cuerpos, el inferior alojaría una habitación que estaría vista hacia el interior, es decir, su planta sería más bien un semicírculo, pues la otra mitad no tendría muro. El segundo cuerpo aparece rellenado de tierra y el tercero corresponde a la terraza, coronada por almenas.

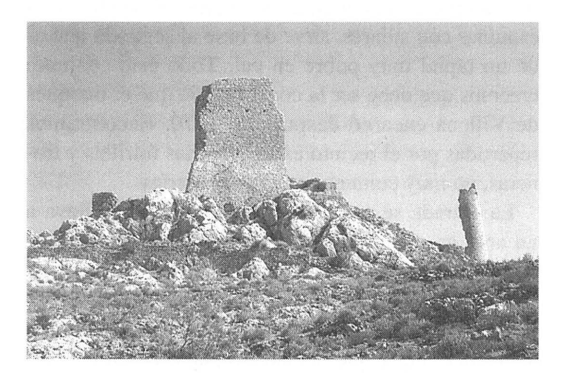


Figura 2
Recinto superior de Xiquena

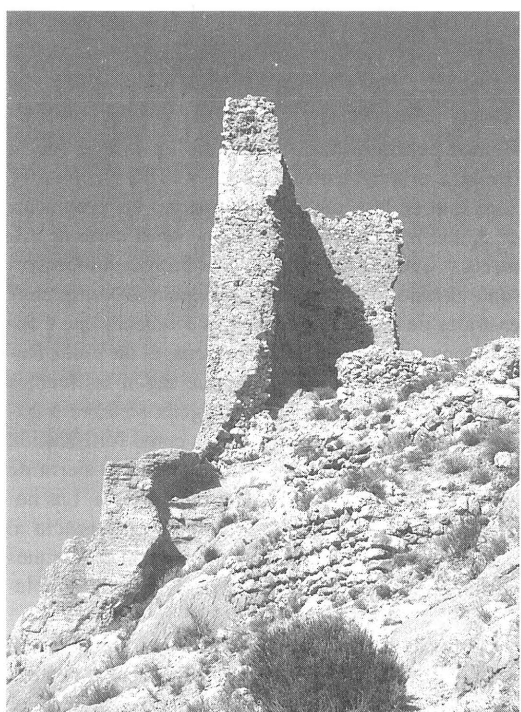


Figura 3
Zarpa de tapiel en el recinto superior de Xiquena

De la alcazaba nazarí son los muros y cimientos que forman el recinto más o menos trapezoidal por lo irregular del terreno, percibiéndose en los muros una mampostería concertada. Encontramos una zarpa de tres escalones hecha de tapial, sobre una cimentación de piedras y argamasa abundante, desde ella se puede rastrear un muro de tapial que aparece embutido por

el muro de la torre del homenaje. La torre circular cubre a su vez una torre cuadrada, de mampostería enripiada, prolongándose el recinto nazarí más allá de la torre circular. El empleo de la zarpa es un claro ejemplo de asimilación de elementos arquitectónicos antiguos en las construcciones medievales. Es la manera más lógica de dotar al edificio de una mayor plataforma para su base. Fue una práctica muy común en la arquitectura militar en las zonas fronterizas del Magreb y al-Andalus.

Obra musulmana es el aljibe superior, de mampostería con bóveda de cañón, que colinda con un pozosima y con un precipicio, lo que explica su reducido tamaño. En el recinto inferior encontramos otro aljibe, mucho mayor que el anterior, de tapial muy consistente que presenta huellas de pintura roja sobre el enfoscado, junto al hueco-ventana.

El castellón de Vélez-Rubio

Esta fortaleza está formada por dos recintos. El superior es de forma rectangular, con torres en tres de sus esquinas y sus ángulos orientados a los cuatro puntos cardinales. Encontramos obras de tapial (sobre hiladas de mampostería emparejando el terreno) y de mampostería con abundante argamasa. Este recinto está bastante deteriorado pero creemos que podría tratarse de un recinto antiguo que se ha modificado y adaptado a las nuevas necesidades. Presenta una gran torre de mampostería que domina el conjunto, frente a ella a poca distancia se encuentra una alberca castral. Tras esta torre hallamos una habitación rectangular con bóveda de cañón un poco peraltada, hecha de piedra, enfoscada y con un zócalo rojo, creemos que se trataría de un aljibe.[4] El muro Suroeste da a un cortado, percibiéndose en el otro lado restos de cimentaciones de mampostería, extendiéndose el recinto por ese lado hasta llegar a cerrar la muralla del recinto exterior.

En el segundo recinto encontramos otro aljibe, de planta rectangular y de tamaño muy reducido, cubierto con una bóveda de arista, con unos muros muy gruesos y un interior enfoscado. La muralla de este recinto es de mampostería. Junto al acceso actual (camino forestal, la zona se encuentra repoblada de pinos, por lo que se ha destruido bastante) nos encontramos formando el ángulo Este, una torre de mampostería en hiladas con piedras de mayor tamaño en los vértices, no se trata de sillares, en realidad es una mampostería bastante basta. Esta torre se estrecha verticalmente y en su unión con la muralla, presenta además en su lado frontal un ensanche desde su base hasta la mitad, formando parte de la muralla. La siguiente torre presenta elementos claramente diferentes, imita el engrosamiento de la base en el lado frontal, pero su planta es rectangular, su fábrica de mampostería enripiada muy cuidada, con un enfoscado final que se conserva muy bien y un segundo cuerpo de tapial (figura 5).

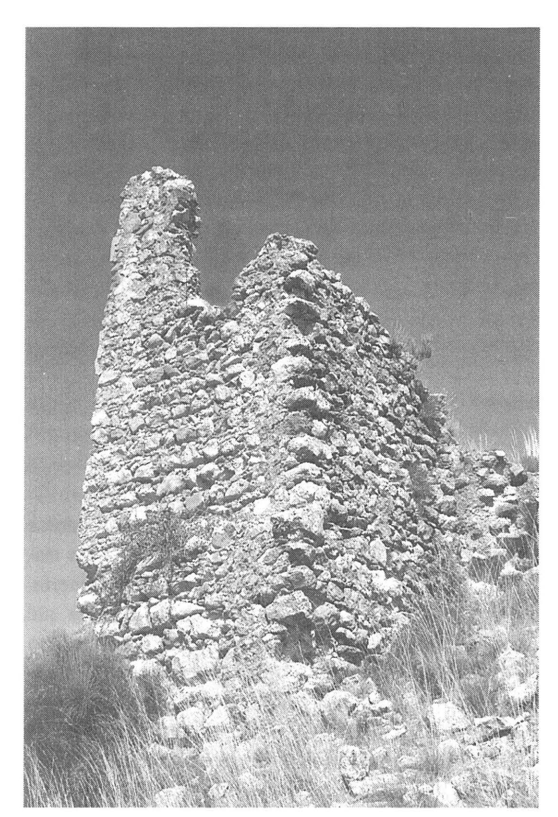


Figura 4
Torre vértice Este del Castellón de Vélez-Rubio

Esta segunda torre no tiene nada que ver con la obra de mampostería de la muralla donde se apoya. Seguidamente encontramos un elemento muy importante, se trata de un talud de mampostería que cubre un muro de tapial (figura 6).

Tras el talud se acumulan las estructuras, muros y

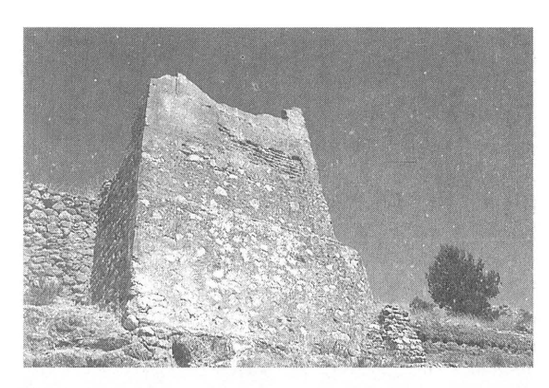


Figura 5
Torre de la Muralla Este

derrumbe, haciéndose difícil su examen, pero parece ser que el acceso se produciría por este lado,[5] a través de una rampa que conduciría a una torre-puerta. Encontramos unos engrosamientos en la muralla que podemos catalogar como nazaríes pues presentan un elemento muy típico, las lágrimas incisas en el enfoscado que recubre a la mampostería, dejando vistas las piedras. Creemos que es significativo el que esta zona de la entrada concentre el mayor número de obras nazaríes. En otro sector de la muralla encontramos contrafuertes.

Por la existencia del talud y por el hecho de que las dos torres estudiadas corresponden a dos fases distintas, la última nazarí, concluimos que esta muralla será de una época anterior, Torres Balbás proponía una fecha anterior al siglo XI para los primeros ejemplos de talud, que procederían del Levante.[6] A lo largo de todo el recinto las torres escasean, lo que confirma nuestra hipótesis.[7] Existe otro elemento poco común, un paño de esta muralla tiene sus hiladas de mampostería formando un dibujo de espiga.

En esta fortaleza tenemos un ejemplo de zarpa de cuatro escalones, empleada en el aljibe exterior al recinto murado en la ladera Oeste.

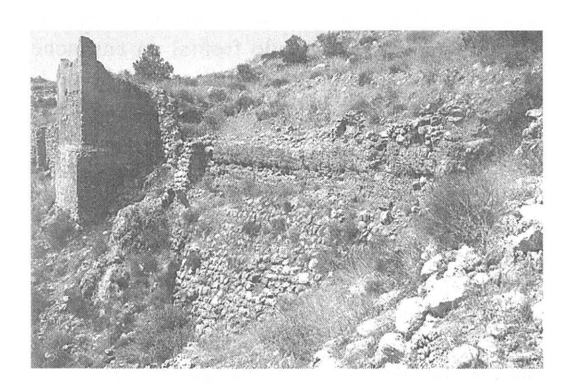


Figura 6
Talud en la muralla E. del Castellón (Vélez-Rubio)

VÉLEZ-BLANCO

La fortaleza musulmana se encuentra casi desaparecida, por la construcción del castillo-palacio de los Fajardo y por el incontrolado desarrollo urbanístico en el barrio de la Morería.



Figura 7
Castillo de Vélez-Blanco. Zarpa próxima a la puerta de Caravaca

Aún así se conservan varios paños pertenecientes a la muralla de la alcazaba, siendo su aparejo de mampostería enripiada. En la zona en que se localizaba la puerta de los Caños de Caravaca, aparecen restos de muros y torres, de tapial con piedras de tamaño medio y abundante cal, sobre todo en las bases, confundiéndose con sus cimentaciones. Encontramos zarpas de mampostería asociadas a torres de tapial.

El tapial que encontramos es de dos tipos, uno en el que la mezcla se hace con piedras y otro con arena y grava, en ambos abunda la cal, siendo el último más consistente, dedicándose a distintos lugares en el edificio, el primero en las cimentaciones y el segundo en los muros, donde la cal se concentra en las caras externas de los cajones del encofrado.

El aljibe es obra de tapial, con mezcla de abundante piedra y cal, al parecer estaba sobre el nivel del suelo formando quizás una torre. La bóveda es de medio cañón y las hiladas del tramo inferior y arranque son de caliza y el superior son de roca arenisca, más ligera, por lo que el peso a sostener se vería más aliviado. En el muro Oeste aparece una galería cegada por escombros y que en la superficie daría lugar a un pozo por el que se extraería el agua. Parece ser que fue reutilizado de algún modo pues se perciben en la paredes de éste, endiduras donde apoyarían vigas o maderos que servirían de apoyo a alguna estructura.

La antepuerta artillada del recinto cristiano presenta tres muros de tapial y uno de mampostería. El tapial es muy parecido al que encontramos en Xiquena, muy pobre en cal, de aspecto rojizo y emplea ladrillos para nivelar una pequeña zona rocosa (figura 8).

Presenta cañoneras con abocinamiento exterior troncocónico de sillería, y una arco de medio punto que conduce a una grieta natural de la roca, en al muro de mampostería. Los muros de tapial se defienden con cañoneras de deriva externa de sillería y de ladrillo. El vértice Noroeste está formado por una torre que tiene un arco de medio punto, con dovelas de grandes sillares que nos recuerdan al de Xiquena.

El castillo de los Fajardo gira en torno a la torre del homenaje, que creemos recubre y prolonga verticalmente la anterior torre del homenaje musulmana. Constata esta hipótesis el hecho de que el aljibe excavado en la roca de origen musulmán y restaurado por los cristianos, se comunica con la torre por una galería, siguiendo el mismo sistema que el comentado al tratar el aljibe de la mezquita, de esta manera la torre siempre tendría reservas de agua en caso de sitio. Este pasadizo también se encuentra rellenado de escombro, pero se percibe su prolongación por la torre y por el aljibe.

Cerca del acceso al castillo encontramos estructuras anteriores, absorbidas por los muros cristianos de sillería, son obra de mampostería reforzada con sillares en las esquinas, el enfoscado final deja vista la piedra y tiene incustraciones de piedrecitas, además presenta restos de la cimentación que cubriría toda la superficie rocosa con una mampostería de piedras menudas. Creemos que se trata de un muro de la alcazaba nazarí.[8]

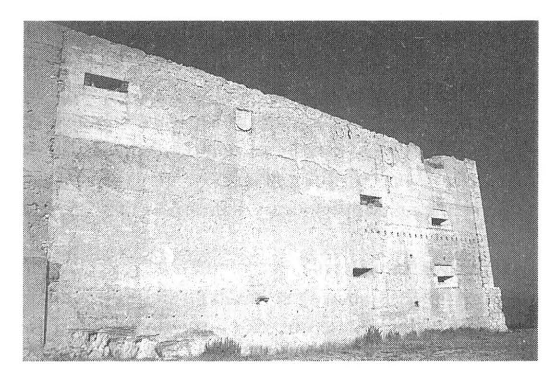


Figura 8
Antepuerta artillada del Castillo de Vélez-Blanco

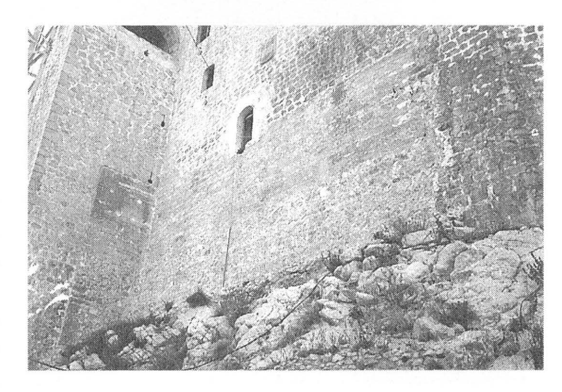


Figura 9
Dos momentos constructivos diferentes en muro Este de Vélez-Blanco

Desde el punto de vista poliorcético nos encontramos con abundantes elementos defensivos, siendo característica la compartimentación de la defensa. Se reparten por todo el recinto numerosas troneras, de distintos modelos, siendo en realidad variedades de las «palo y orbe», diferenciándose en la forma del orbe; ventanas aspilleradas y ladroneras también son frecuentes.

En la puerta principal se acumulan las defensas, no para su defensa sino como símbolo de poder por lo que es aquí donde se coloca el escudo principal de los Fajardo. La ventana aspillerada que conserva los goznes de la contraventana, que cubre la tronera, por lo que su finalidad defensiva es nula. Otro lugar donde se concentran las defensas es por la entrada secundaria, con un acceso elevado, defendiéndose este sector con una torre albarrana de flanqueo, que une la ronda del patio con la poterna de la torre a través de una rampa de compartimentación[9] (figura 10). El nexo de unión de la torre con el edificio principal se lleva a cabo por un arco que presenta en su intradós una buhedera, que en las obras de rehabilitación se ha tapado.

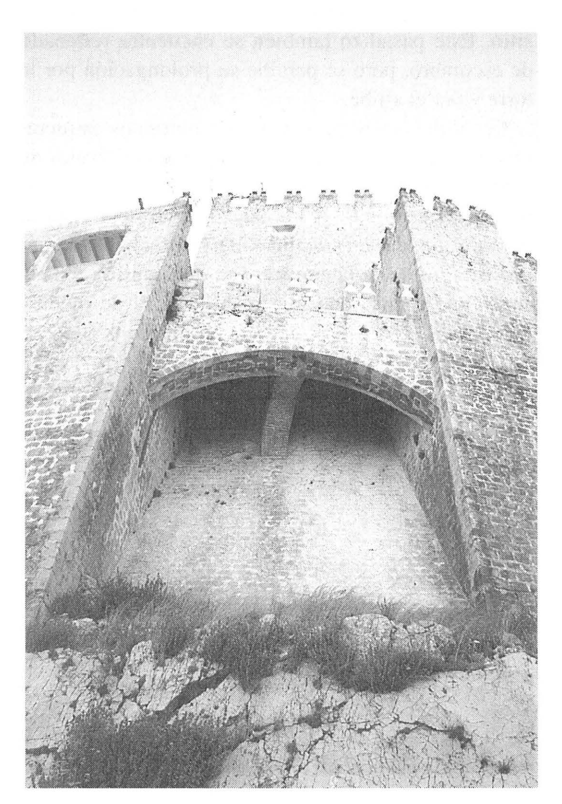


Figura 10
Rampa compartimentación en el Castillo de los Fajardo en Vélez-Blanco

Conclusiones

1. La organización de la frontera y del territorio interior del reino nazarí de Granada imita al limes romano-bizantino. La existencia de distintas líneas fronterizas y la fortificación de todo el territorio no sólo se debe a las necesidades defensivas, a través de esta fortificación el Estado organiza el territorio y controla a su población.

2. Estas fortalezas levantadas sobre altos riscos presentan huellas poblamiento confirmadas por las cerámicas encontradas en la superficie, que se remontan a la Prehistoria. Se localizan en la proximidad de la vía de comunicación entre Levante y Andalucía, y están asociadas a áreas productivas de vega, condicionada ésta por la existencia del cauce del río Guadalentín, en el caso de Vélez-Rubio y Xiquena, y del Barranco de las Fuentes, en Vélez-Blanco.

3. El Estado es el que se encarga de la fortificación de las fronteras. Estas fortalezas serán símbolo del poder, con el que la población se identifica. El cambio de Estado no modifica el carácter simbólico de estos edificios, propaganda de su poder, lo que cambia son los símbolos, por ejemplo los de orden religioso. La relación Estado-Fortaleza será decisiva, si una fortaleza-población se sabe abandonada por su Estado terminará entregándose al enemigo.

4. La fortaleza de Vélez-Rubio tendrá un antecedente romano, en el recinto superior, tratándose de un fuerte caminero debido a la cercanía de la vía romana. Esta estructura se modificaría y reutilizaría ya en los primeros momentos de al-Andalus. Apreciándose obras de distintas épocas, siendo las ultimas las de época nazarí. A pesar que este emplazamiento no se abandona hasta 1520 no se perciben grandes obras cristianas, simplemente se cambiaría la función de algunas estructuras.

5. En Xiquena se pueden seguir perfectamente los distintos momentos constructivos cristianos, distinguiéndose de éstos el recinto superior, obra de época musulmana y de reducidas dimensiones, que se encuentra modificado por la torre homenaje y torre cir-

cular levantadas en 1330. Todo el recinto exterior se debe a las obras del marqués de Villena.

6. El castillo-palacio de los Fajardo reutiliza algunas estructuras de la alcazaba musulmana, como son algunos muros, la torre del homenaje y el aljibe. La antepuerta artillada es sin duda construcción cristiana, diferenciada claramente de los muros musulmanes que aparecen en sus esquinas.

7. La modificación que sufre la técnica del tapial se debe al uso de distintos componentes en la elaboración del hormigón, diferenciándose principalmente en el contenido de cal, siendo muy abundante en el musulmán y escaso en el cristiano. Las obras de tapial en Xiquena y en Vélez-Blanco son muy similares, apreciando poco esmero en su acabado final.

8. La mampostería es una técnica que empleándose el mismo material no siempre se conseguirá el mismo acabado. El tamaño de las piedras y la cantidad y el tipo de argamasa van a condicionar su aspecto, así podemos encontrar hiladas perfectas de mampuestos con hiladas de ripios, hiladas irregulares ... En Vélez-Rubio encontramos mampostería enripiada, concertada y formando espiga, siendo obras musulmanas. En Xiquena la diferencia entre las mamposterías musulmana y cristiana, es principalmente el tamaño de los mampuestos. Las obras cristianas de Xiquena presentan también diferencias, las del marqués de Villena son muy descuidadas de mampuestos de gran tamaño, mientras que las torres superiores, obra de 1330, tienen un acabado muy cuidado, con los sillarejos de menor tamaño y bien trabajados, obteniendo una superficie muy lisa y consistente.

9. Las fortalezas musulmanas tienen dos recintos. Uno en el que habita y se protege a la población, por lo que tienen unas infraestructuras características, como son la mezquita, los baños, aljibes, ... El otro es el castillo o alcazaba, donde se aloja al representante del poder, generalmente presidida por una gran torre del homenaje. Teniendo también uno o varios aljibes. El castillo cristiano está concebido principalmente como símbolo de poder. Su estructura combina elementos defensivos y de coacción, símbolos de su fuerza, con elementos palaciegos, emblemas de riqueza y refinamiento. La altura de sus muros, sus accesos elevados y la consistencia de la sillería se bastan para evitar revueltas y proteger al poder, no se hacen necesarios más elementos defensivos.

NOTAS

1. Obras básicas para el conocimiento de esta zona, su historia y las noticias sobre sus fortificaciones son:
   Tapia, P.: *Historia general de Almería y su provincia.* Tomos III y IV. Almería, 1978.
   Idem: *Vélez-Blanco*. Madrid, 1981.
   Palanques, F.: *Historia de Vélez-Rubio.*Vélez-Rubio, 1909.
   Vélez-Blanco nazarita y castellano. Coordina Cándida Martínez López. Almería, IEA, 1988.
   Sánchez Sedano, Mª P.: *Arquitectura musulmana en la provincia de Almería.* IEZ, 1988.
   Motos Guirao, E.: «Fortificaciones del reino nazarí en el sector oriental de su frontera: la zona de los Vélez». *III C.A.M.E.*, Oviedo, 1989, pp.306-312.
   Torres Fontes, J.: *Xiquena, castillo de la frontera.* Murcia, 1979.
2. Eslava Galán, J.: «Fortines beréberes en al-Andalus». *Cuadernos de Estudios Medievales*, 1985-1987, pp. 97-113.
3. Mora-Figueroa, L.: *Glosario de arquitectura defensiva medieval.* Cádiz, 1994, pp. 50-52. En Italia aparece vinculada a ciudades defendidas por tropas mercenarias extranjeras, en ocasiones más proclives a chantajear a la comunidad que a correr riesgos en su defensa, controlaría a estas tropas desde sus intramuros. Es posible que su construcción se deba a que esta fortaleza fue utilizada como presidio, a cambio de un año de servicio se obtenía el perdón. Esta tropa podría ser difícil de controlar en momentos críticos.
4. Sánchez Sedano, Mª P.: *Arquitectura musulmana...* , pp.236-240. No señala que esta habitación pueda ser un aljibe. Motos Guirao, E.: «Fortificaciones ..., pp. 306-312, nota 8. El aljibe que se utilizase como Real Hospital debe ser éste.
5. Tanto Mª P. Sánchez Sedano como E. Motos Guirao señalan la entrada del recinto junto a la torre del vértice SE.
6. Martínez Lillo, S.: «Estudio sobre ciertos elementos y estructuras de la arquitectura militar andalusí. La continuidad entre Roma y el Islam». *Bol. Arqueol. Medieval*, 1991, nº 5, 11-37.
   Torres Balbás, L.: *Ciudades hispano-musulmanas.* Madrid, 1985, 600.
7. Malpica Cuello, A.: «Entre la arqueología y la historia.Castillos y poblamiento en Granada. Estudio de una política edilicia». *XXII Semana de Estudios Medievales. Estella* 1995, pp. 289-326.
8. Encontramos paralelos en otras fortificaciones granadinas, como es el caso de Zagra y Jerez del Marquesado. Curiosamente en la fortaleza de Montalbán en Toledo, podemos observar este aparejo de mampostería con sillares en las esquinas, con el enfoscado dejando vistas las piedras y con piedrecitas incrustadas. Esta obra se fecha hacia la mitad del siglo XIV.
9. Mora-Figueroa, L.: *Glosario* ..., pp. 175-176.

Técnicas de atirantado en las edificaciones antiguas

Gerónimo Lozano Apolo
Alfonso Lozano Martínez-Luengas

En la arquitectura se ha hecho uso frecuente del tirante desde tiempos muy remotos. Formando parte de la propia estructura se colocaron arriostramientos de forja que se ponían en tensión tan pronto como se iniciaba la pérdida de monolitismo entre sus fábricas. Análoga solución se adoptaba en la construcción de arcos y bóvedas. También se atirantaron las arcadas de los claustros contra los gruesos muros de los monasterios y las iglesias.

Para devolver la enlazabilidad perdida entre los muros por la acción del sismo, se disponían tirantes colocados en caliente. De aquí la proliferación de placas de retención en las fachadas de los cascos antiguos de Italia. Otro tanto ocurre en Creta, en Estambul y en otras muchas ciudades de la falla mediterránea.

Esta técnica fue menos utilizada en nuestro país, aunque también abunden las pletinas en cruz en algunos cascos históricos, como es el caso de Trujillo.

Al conocimiento de las técnicas de atirantado se dedica la comunicación, que se inicia con la *Definición, Misiones y elementos componentes* de aquél.

Conocidos éstos, se recomienda la *Ubicación* de los puntos de atirantado y los *Criterios de diseño* y de *Cálculo*.

Concluye con las fases que componen su *Puesta en obra*.

Definición y misiones

El tirante es un apeo de directriz lineal utilizado para absorber esfuerzos de tracción. De aquí el que se construyeran inicialmente en madera y posteriormente de forja. Entre sus misiones estaban:

1. Las de simple atirantado de elementos muy esbeltos.
2. La de formar parte de la estructura de las edificaciones antiguas encargándose:
   - Del arriostramiento de arcadas contra el núcleo murario.
   - De absorber los empujes de arcos y bóvedas.
   - Es característico el atirantado de los cerramientos en los claustros a través de las propias jácenas de madera que, para verificar también la función de tracción, se rematan con herrajes de patilla en la unión con los tímpanos.
   - En otros claustros (Palacio natal de Isabel La Católica en Madrigal de las Altas Torres) son verdaderos tirantes de madera (también combinados con herrajes) los que garantizan la estabilidad de la arcada contra los muros interiores. A este respecto, los forjados se disponen normales al patio siendo recibidos por carreras paredañas; a su vez éstas apoyan sobre los citados tirantes en el punto de encuentro con el muro, colaborando en la eficacia del anclaje.
3. La de aplicarse preventivamente, durante la vida de la obra:
   - Es característico el arriostramiento de arquerías en la arquitectura Nazarí.
4. La de servir de atado provisional mientras se decide o se inician los trabajos de rehabilitación.
5. Y sobre todo como terapéutica curativa en la

estabilización de edificios de muros de fábrica afectados:

– Por síntomas de desplome ante empujes no compensados. Al tirante se encomienda la absorción de dichos esfuerzos.

– Por solicitaciones de flexocompresión que implican a varias plantas. El tirante se encarga de reducirlo a nivel de una sola.

Por síndrome de pandeo al haberse perdido o debilitado la enlazabilidad de los entramados horizontales. Este problema se presenta cuando, por exceso de humedad, las cabezas de las viguetas de madera se ven afectadas de pudriciones.

Elementos componentes

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, el tirante es un conjunto de elementos metálicos utilizado en las intervenciones de reestructuración a fin de absorber empujes y de reducir (a nivel de cada planta) las solicitaciones de flexo-comprensión o de pandeo.

A tal efecto, y en su forma más general, constan de (figura 1):

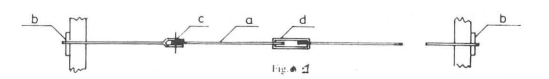


Figura 1

a) El tirante *a* propiamente dicho.

b) Las placas de retención *b* encargadas de recibir los esfuerzos exteriores y de transmitirlos al tirante.

c) Las piezas de conexión *c* que permiten subdividir la longitud total.

d) El tensor *d*

Como tirantes se adoptabán preferentemente secciones circulares (redondos) y en la antigüedad pletinas y cuadradillos forjados.

Las cabezas solían resolverse:

a) Con placas circulares u ovaladas rigidizadas con nervaduras y provistas de un casquillo central sobre el que apoya una tuerca que, conjuntamente con los extremos roscados del tirante, hace de tensor (figura 2a).

b) Pletinas de inercia variable dispuestas normales al paramento para conseguir mayor rigidez (figura 2b).

c) De interesar tirantes dobles, la placa de cabeza se reduce a una sóla resuelta con doble pletina y cuadradillos de reparto (figura 2).

d) En la retención de empujes de bóvedas interesan pletinas corridas.

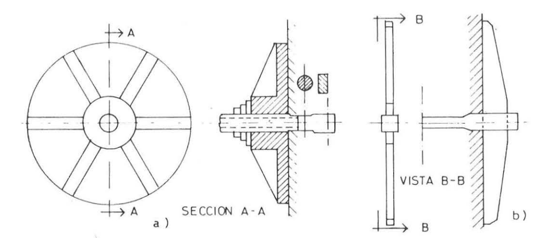


Figura 2

La conexión entre diferentes tirantes se resolvía por machihembrado y perno pasante. La puesta en tensión, además de con calor como luego veremos, se realizaba mediante la rosca del tensor y la interposición de un manguito.

Otros tipos de placas de retención utilizados antiguamente eran:

a) Palos pasantes en los tirantes de madera, lo que reducía la sección útil.

b) Pletinas en cruz dispuestas en el plano del paramento.

Ubicación

Se situaban de forma que estabilizasen las deformaciones ya existentes impidiendo su continuidad. Es por éllo que:

a) La placa de cabeza se ubicaba en la zona afectada, que de estar desagregadada se reconstruía En caso contrario se colocaba lo más próxima posible a aquélla.

b) La placa extrema se anclaba en otro muro paralelo al afectado. Y para evitar deformaciones en ambos, a través y contra otro elemento transversal.

c) Convenía esconderlos entre el forjado y el pavimento. De esta forma servía de puesta en obra y de aco-

dalamiento conjuntamente con otro muro transversal. Por este motivo, (como puede verse en la figura 3) convienen cabezas de pletinas inclinadas 45∞ con respecto a la horizontal y contra el citado muro transversal.

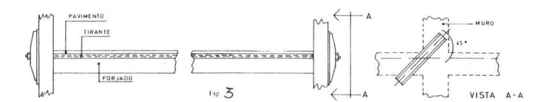


Figura 3

Cuando de acodalamiento actuaba otro muro transversal interesaban tirantes dobles pudiendo anclarse en el interior aprovechando un hueco de puerta o realizando un pasamuros (figura 4).

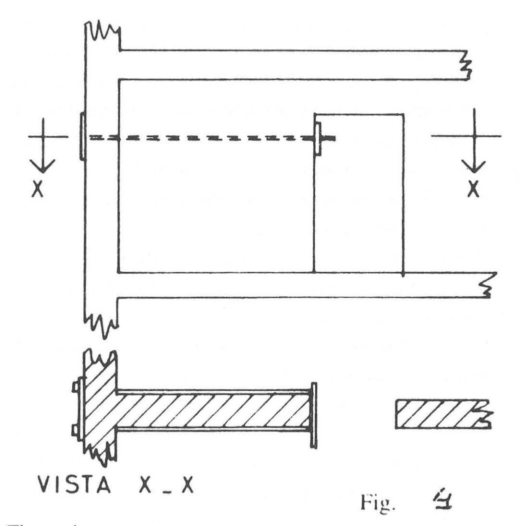


Figura 4

Como es lógico, cuando los tirantes se disponían para absorber los empujes de bóvedas o de arcos no necesitaban de acodalamiento alguno.

Criterios de diseño

Cuando se trata de placas de retención circulares, y con objeto de que los esfuerzos de atirantado sean óptimos, su diámetro ha de estar comprendido entre 30 y 50 cm. Con dimensiones mayores se producirían deformaciones que disminuirían su efectividad. Por el contrario, de adoptar valores inferiores, aparecerían concentraciones de esfuerzos que propiciarían el punzonamiento (figura 5a).

En el caso de cabezas de retención de forma cuadrada interesa que las dimensiones de sus lados estén comprendidas entre 25 y 45 cm (figura 5b).

Para cabezas de planta elíptica, conviene predimensionar ejes menores comprendidos entre 15 y 60 cm, y mayores entre 25 y 100 (figura 5c).

En el caso de cabezas resueltas con pletinas, las longitudes se eligen entre 80 y 120 cm (figura 5d).

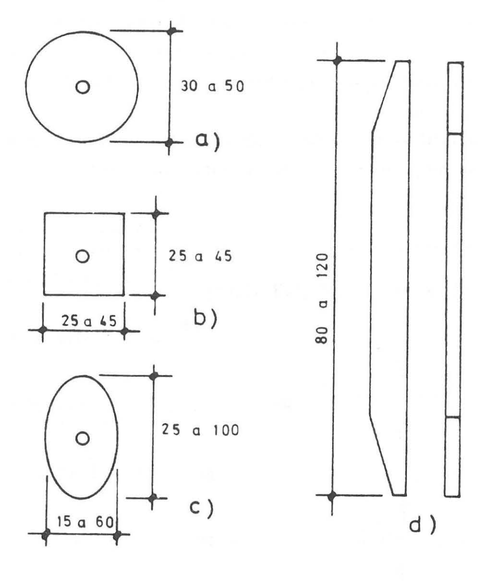


Figura 5

Cálculo del tirante

El correcto dimensionamiento del tirante pasa por las siguientes etapas :

1°. En primer lugar es necesario el conocimiento de la fuerza del atirantado ejercida por las placas de retención contra los muros en los que se acodalan.

2°. A partir de la citada fuerza se calcula la sección del tirante que unicamente trabaja a tracción pura. Efectivamente, dispuesto sobre el forjado desaparecen los esfuerzos de flexión.

3°. Seguidamente se dimensionan las placas de retención (o las pletinas) en función de su geometría

(predimensionada anteriormente) y de su trabajo a flexión, ya que se han proyectado en voladizo.

4º. Si se han dispuesto pasadores para la conexión, se comprueban a esfuerzo cortante puro.

5º. Seguidamente se obtienen los esfuerzos de tracción existentes en el tensor.

6º. Finalmente, se comprueba su rosca (y la del extremo opuesto si existe) a cortadura.

Por consiguiente, todo estriba en el conocimiento de la fuerza de atirantado.

Esta fuerza ha de ser tal que no venza la cohesión interna de los materiales componentes de la fábrica, ni la de rozamiento que la parte de muro situado sobre la unión produzca en ésta. Es por éllo que la menor de las dos será la base de partida para iniciar el proceso de cálculo.

Sus diferentes pasos y las comprobaciones a realizar se han consignado en la gráfica de la figura 6.

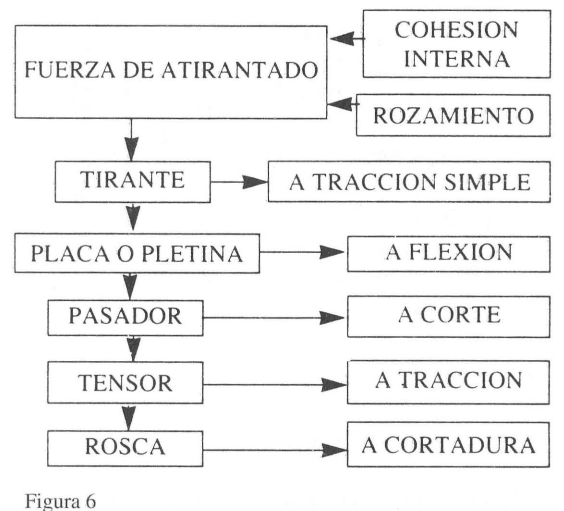


Figura 6

Puesta en obra

Era distinta según se realizase en caliente o en frio.

La primera solución está indicada en aquellos casos en los que interesa devolver (en lo posible) el muro a su posición inicial.

Para éllo, se aprovecha la fuerza de tracción en la que se transforma la dilatación térmica a que se somete el tirante durante la puesta en obra.

La colocación en frio es la adecuada para cortar posibles deformaciones en arcos y bóvedas. Exige que, al menos, uno de los extremos disponga de rosca y tuerca, así como de un tensor intermedio.

Ambas soluciones tienen en común las fases siguientes:

1ª. Replanteo del eje y del nivel del tirante. Como ya se dijo interesan los encuentros entre los muros transversales y los entramados horizontales ya que facilitan tanto el arriostramiento como el replanteo y la puesta in situ.

2ª. Levantamiento del solado caso de situarse bajo éste.

3ª. Trepanación de los muros y de los tabiques intermedios si existen.

4ª. Presentación de los componentes del tirante que se enfilan a través de las perforaciones realizadas. A continuación, empalme de sus elementos de conexión y del tensor intermedio. Es necesario que sus extremos sobresalgan unos diez centímetros de los muros y que tanto aquéllos como el alargamiento, previamente calculado, estén roscados.

5ª. Colocación de las pletinas o de las placas de retención. Después se rellena con mortero de cemento el espacio entre aquéllas y los muros. Para evitar el contacto entre el tirante y el taladro se intercala un tubo de plástico.

6ª. Pasados unos cuatro o cinco días se inicia la puesta en tensión, que será distinta según se realice en caliente o en frio.

7ª. Tensado el tirante, se sueldan sus tuercas extremas y se inyectan con mortero de cemento las perforaciones y la cama de aquél.

8º. Por último, si las placas de retención van ocultas, se les puntea con soldadura una tela metálica que posteriormente se enfosca.

Las etapas citadas se cosignan en la gráfica de la figura 7.

Colocación en caliente

Realizadas las operaciones de la 1ª a la 5ª relacionadas anteriormente se actúa como sigue:

a) Con la ayuda del tensor, y con la de las tuercas extremas, se trata de poner en tensión.

b) Seguidamente, y con el calor aportado por la llama de una «lamparilla» de mano, se calienta en



Figura 7

toda o parte de la longitud hasta alcanzar el incremento calculado anteriormente. La elevación de la temperatura propicia el aumento de aquélla que se aprovecha para proceder al atirantado. Sea li la longitud acortada, o lo que es igual, el incremento de longitud producido.

c) Una vez enfriado, el decremento de longitud crea una fuerza de reacción al transformarse la dilatación térmica en reacción elástica.

El cálculo de esta fuerza es muy sencillo.

Si dicha tracción coincide o se aproxima a la fuerza calculada anteriormente, la operación ha concluido.

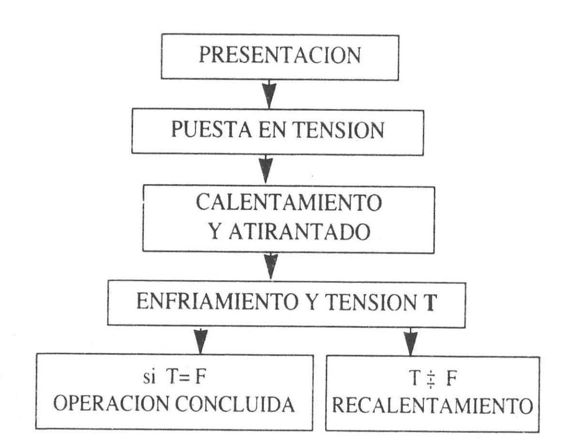


Figura 8

d) En caso contrario es necesario obtener el alargamiento correspondiente a la citada tracción.

Por lo que será necesario proceder a un nuevo recalentamiento para alcanzar dicho alargamiento.

Las operaciones citadas se han consignado en la gráfica de la figura 8.

Colocación en frio

Realizadas las operaciones 1ª a 5ª anteriores se atornillan las tuercas extremas y (o) se atiranta a través del tensor intermedio hasta alcanzar el alargamiento calculado.

TÉCNICAS MODERNAS

La técnica de atirantado vista hasta ahora, utilizada de forma preventiva en el gótico y como refuerzo en la época barroca, apenas se aplica en la actualidad.

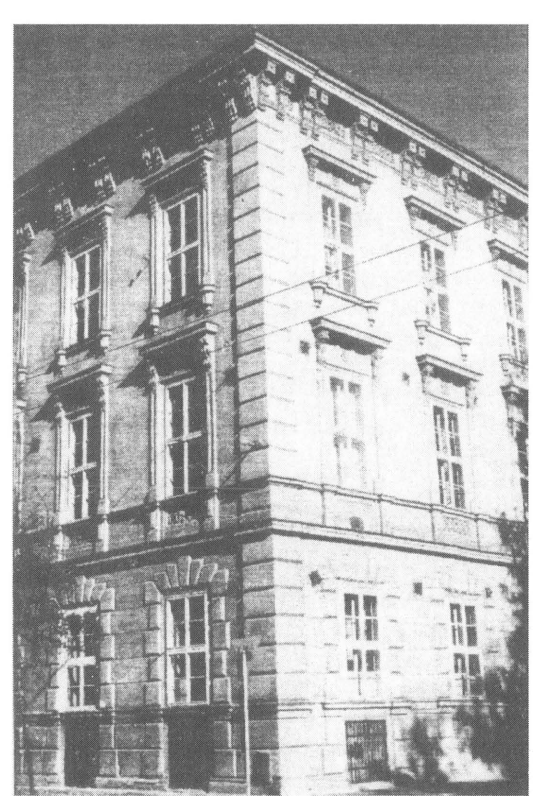


Figura 9

Unicamente en casos puntuales y cuando no se dispone de equipos de tesado.

En obras importantes es mucho más seguro y preciso aplicar esfuerzos de precompresión a través de la técnica del pretensado. Tal es el caso del edificio representado en las figura 9 cuya fachada lateral derecha se ha atirantado contra la izquierda.

Lo más práctico es atirantar con cables de 1/2 pulgada, anclados a placas cuadradas (figura 10). Observese la grieta existente entre las cabezas de anclaje debidas al pandeo y asiento de las fábricas. O placas de planta rectangular, con dos anclajes dispuestos a uno y otro lado del muro transversal, contra el que se aplican los esfuerzos de precompresión en los puntos de encuentro con los forjados.

Cuando los muros son de gran espesor es preferible proyectar dos cabezas, ya que la gran rigidez necesaria en el caso de una sola dificultaría su ocultación posterior.

En cuanto a las cabezas de atirantado las más prácticas corresponden al sistema CCL, provistas de un cable único anclado con dos semicuñas.

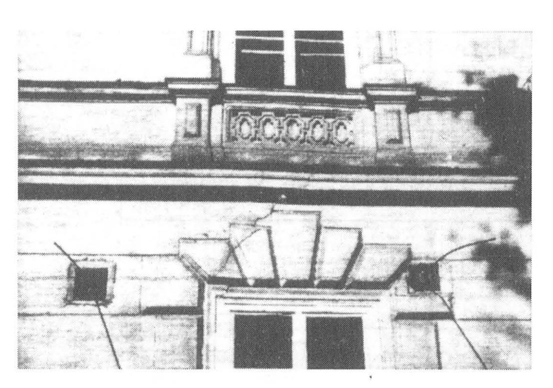


Figura 10

Durante la década de los 60, un gran número de edificios de muros de fábrica se atirantaron con éxito utilizando el sistema Barredo.

Antiguos entramados de fundición

Alfonso Lozano Martínez-Luengas
Gerónimo Lozano Apolo

Como culminación de la revolución industrial iniciada en el siglo XVIII apareció, a principios del XX, la perfilería metálica.Y como consecuencia, en el sector de la construcción, la sustitución de las antiguas estructuras de madera por las actuales de acero.

Esta transformación no fué repentina ni directa, sino que tuvo lugar de forma gradual a lo largo del siglo XIX, y a través del hierro fundido.

Inicialmente desaparecieron los elementos traccionados y los de enlace de cerchas y jácenas; es decir, aquéllos cuyas secciones quedaban reducidas por los nudos de la madera. Más tarde lo fueron los pies derechos, de tosca presencia, gran sección y limitados por el pandeo.

Los primeros se sustituyeron por tirantes y piezas de forja, y los segundos por columnas de fundición.

Al conocimiento y reestructuración de las cerchas, las jácenas y las columnas, se dedica la comunicación que comienza con las *Tipologías estructurales* y con las *Cerchas* y *Jácenas*.

Continúa con la *Tipología de las columnas de fundición* y concluye con las *Técnicas de refuerzo*, necesarias en la adecuación de estos edificios a las exigencias de la normativa actual y con las de *Rehabilitación*.

TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, los elementos de fundición se aplicaron profusamente en las edificaciones características del siglo XIX; es decir, en las estaciones de ferrocarril, en los mercados, en las galerías, en los kioscos de música y en los invernaderos. Y algo en los soportales, en las tiendas y en los palacetes modernistas.

De forma muy general, las tipologías estructurales de las construcciones anteriores (a excepción hecha de las estaciones de ferrocarril más propias de los ingenieros) son las siguientes:

Mercados y Galerías

Para dar respuesta a la demanda de bienes de consumo que reclamaba la Sociedad, surgieron los mercados de abastos y las galerías comerciales.

Con los primeros, los Ayuntamientos pretendían facilitar al público el acceso a los productos de primera necesidad, centralizando su adquisición, mejorando la presentación y sobre todo garantizando la higiene.

En las segundas, la iniciativa privada daba a conocer, a través de nuevas tiendas, los frutos de la Revolución Industrial. Al tiempo, dignificaba al comerciante acabando con el trueque de productos, característico de los mercados medievales que aún perduraban al amparo de los soportales en las ciudades y en los pueblos.

La promoción pública garantizaba la disponibilidad de suelo y el proyecto a cargo de arquitectos de prestigio. De aquí, las características más relevantes de los mercados:

a) Planta rectangular.
b) Organización en nave de tres o cinco vanos; el central de mayor luz y altura para facilitar la iluminación y la ventilación.
c) Estructuras resueltas a base de columnas de fundición y cubierta de cerchas trianguladas apoyando en aquéllas y en las fachadas laterales. O bien, cerchas en los vanos centrales y jácenas en los laterales, apoyando en columnas y en los muros de carga perimetrales.

Las invariantes de las galerías son:

1. Desarrollo en línea, y en la mayoría de los casos cubriendo calles.
2. Entramados laterales de fundición en el primer caso, y columnas (también de fundición) adosadas a las fachadas de los edificios en el segundo.
3. Cubierta a dos aguas o en forma de bóveda de cañón. En el primer supuesto resuelta con cerchas trianguladas y en el segundo con arcos metálicos y plementería acristalada.
4. Gran cúpula nervada, también metálica y acristalada, en la confluencia de las calles.

Alcanzaron su máxima expresión en los centros comerciales de las grandes ciudades italianas.

Kioskos de música

Para acercar al pueblo la cultura musical, que en forma de música de cámara se escuchaba en los palacios, los Ayuntamientos promovieron los kioscos de música.
Sus invariantes son:

1. Ubicados en parques y jardines.
2. Planta poligonal regular sobreelevada del suelo.
3. Estructura resuelta con:

a) Muros perimetrales de sótano que reciben el forjado de la planta baja.
b) Columnas de fundición en los vértices del polígono (dobles en algunos casos).
c) Cubierta en forma de cúpula nervada.
d) Cerramiento perimetral, conformando los lados del polígono con misiones de absorber los empujes de las nervaduras, de articulación a las columnas, de arriostramiento y de decoración.

Invernaderos

El interés por la Botánica y por las propiedades medicinales de las plantas propició la construcción de invernaderos.
Los más sencillos, generalmente adosados o próximos a las grandes mansiones barrocas, tenían planta rectangular. Su estructura se reducía a:

a) Un muro de carga y de arriostramiento, dispuesto en uno de los lados mayores, encargado además de proporcionar inercia térmica al interior .
b) Columnas perimetrales de fundición.
c) Cubierta acristalada a una vertiente, uno de cuyos extremos apoyaba en el muro anterior, y el otro en las columnas.

Los invernaderos públicos solían tener planta rectangular alargada. Los de una nave se resolvían con columnas de fundición y cubierta acristalada a dos

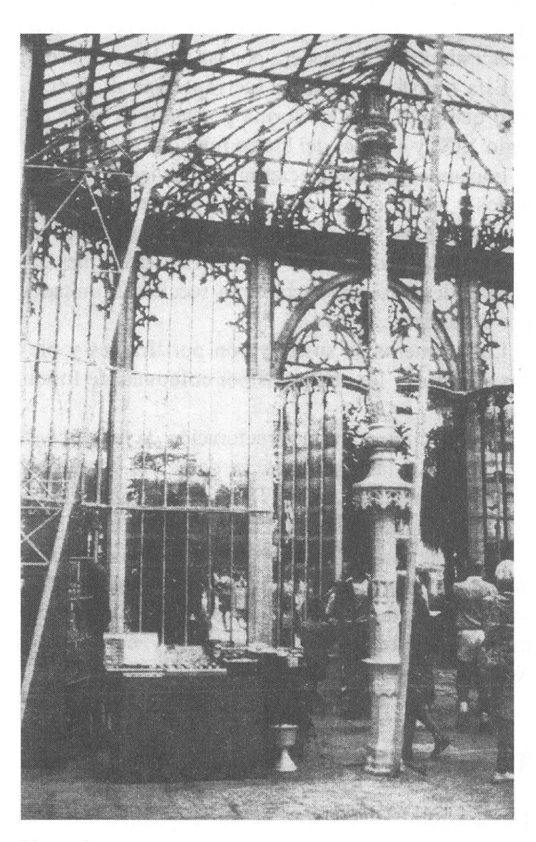


Figura 1

aguas, resuelta con cerchas triangulares (figura 1). Los mayores, de tres naves, tenían una estructura muy similar a la ya descrita para los mercados a excepción de cerramientos acristalados.

Los balnearios

Aunque la terapéutica de las aguas termales se aplicaba ya en la época romana, es en el siglo XIX cuando aparece la ciudad-balneario. Y en élla, las arcadas o arquerías abiertas construidas de fábrica, y los pabellones metálicos acristalados.

Se caracterizan por su elemental funcionalidad y representatividad. De aquí las dos soluciones tipo: la compuesta de un núcleo central flanqueado por alas simétricas, y la más sencilla desarrollada en línea. La (figura 2) corresponde al balneario de Karlo-Bivari.

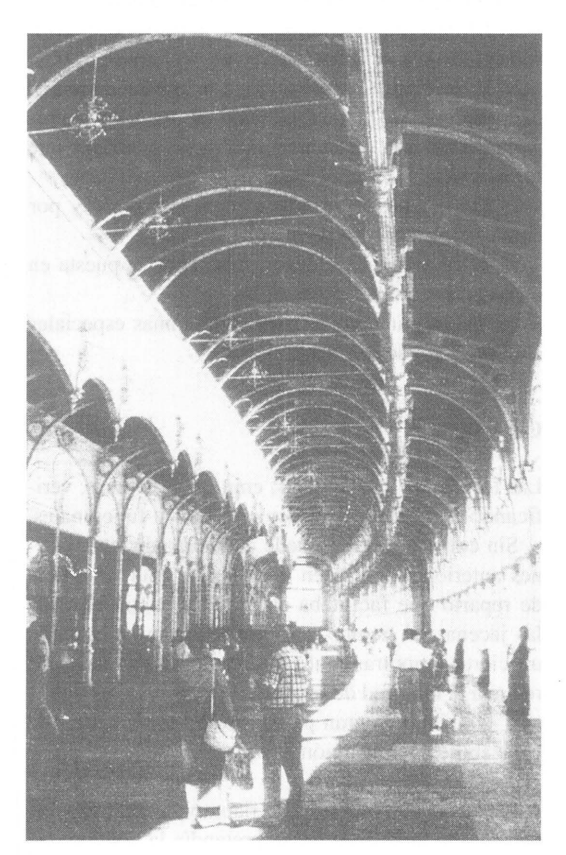


Figura 2

Las luces menores se resolvían con arcos metálicos, y las mayores con formas trianguladas dispuestas en los extremos de ménsulas. Y en todos los casos, columnas huecas de fundición de gran representatividad.

Soportales

En la reestructuración de los antiguos soportales castellanos, con pies derechos afectados de pudriciones o atacados por insectos xilófagos, se utilizaron columnas huecas de fundición.

También las ordenanzas municipales obligaban a que en los edificios de nueva planta, situados en calles o en plazas aporticadas, se mantuviese el soportal como respuesta de la arquitectura popular a las inclemencias meteorológicas y a las necesidades y forma de vida de sus habitantes.

Tiendas y Locales

Para reducir secciones y mejorar el ambiente de las tiendas de la época, la planta baja de los edificios se sostenía a través de columnas de fundición.

Patios

Los patios interiores de edificios modernistas se resolvieron con entramados verticales compuestos de jácenas metálicas y columnas de fundición.

Otras edificaciones

Los entramados mixtos de madera, fundición y (o) acero también se aplicaron a otras edificaciones decimonónicas tales como plazas de toros, frontones, etc.

CERCHAS Y JÁCENAS

Como ha podido verse en las tipologías estructurales enumeradas en el apartado anterior, sus cubiertas se resolvían con cerchas y jácenas metálicas o mixtas. Dado el objetivo del curso nos referiremos exclusivamente a éstas últimas.

Cerchas

Las formas trianguladas se aplicaban en la formación de cubiertas a dos aguas.

La introducción de tirantes y tirantillos de acero, y elementos de enlace y tornapuntas de fundición supuso una reducción de peso en las cerchas y de economía en madera. Y sobre todo, una mejora en las características mecánicas debido a la posible presencia de nudos en los elementos traccionados y de pandeo en los comprimidos.

Vigas armadas

Formando parte de los entramados horizontales, o cómo jácena de cubierta dispuesta en el plano del faldón, apareció la viga armada o viga Prat.

Consistía en una escuadría de madera, a la que se acoplaba un tirante de acero, separado de aquél por medio de uno o dos tornapuntas de fundición, que podía disponerse en tensión a través de un husillo.

De esta forma la escuadría de madera se dotada de apoyos intermedios; por consiguiente, se trataba del primer elemento pre-solicitado en el que el proyectista podía introducir esfuerzos internos que se opusiesen a las fuerzas externas.

COLUMNAS DE FUNDICIÓN

Conceptualmente se consideraron como el elemento más característico de la arquitectura de su tiempo. En la (figura 3), tomada de el Album enciclopédico-pintoresco de los industriales (publicado en 1857), se aprecia su singular belleza. Hoy día, siglo y medio después, las sustituimos por un pilar de hormigón de 30 x 30.

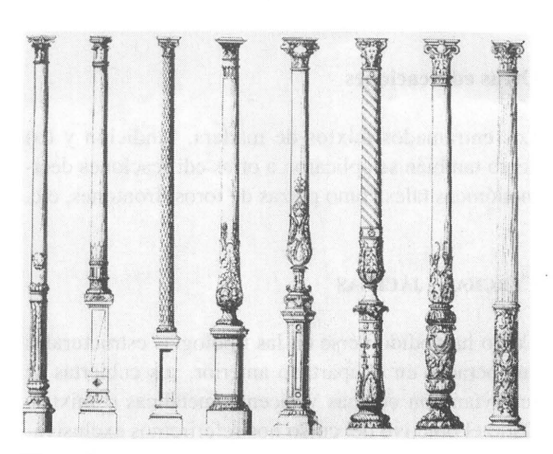


Figura 3

Son los primeros ejemplos de la Construcción Industrializada, ya que se fabricaban en taller, se elegían de catálogo, y se montaban en obra.

Las de menor entidad eran de una sóla pieza, mientras que las más importantes constaban de capitel, fuste y basa.

Fuste

Solía tener sección anular, aunque también se fabricaron soportes de secciones cuadradas y poligonales.

Los de diámetro inferior a 10 cm solían ser macizos. Por dificultades de fabricación, y por razones técnicas, económicas y de puesta en obra, a partir de ese diámetro se fundían huecos. Efectivamente:

a) El desigual enfriamiento superficial e interior fomentaba la aparición de grietas y rechupes.

b) El pandeo y la uniformidad de tensiones se traducía en que, a igualdad de material, los huecos proporcionaban una resistencia cuatro veces mayor que los macizos.

c) Los huecos necesitaban menos material y por consiguiente son más económicos.

d) El peso de los macizos dificultaba la puesta en obra con los medios disponibles.

En las esquinas se disponían columnas especiales obtenidas por solape de otras dos.

Capiteles

Las formas de los capiteles, eran muy diversas, verificando al tiempo misiones estéticas y funcionales.

Sin embargo, como puede deducirse de las imágenes anteriores, tenían en común una gran superficie de reparto que facilitaba el apoyo y continuidad de las jácenas, al tiempo que proporcionaba a la unión un cierto empotramiento que (como luego se verá) reducía la longitud de pandeo.

Y también una gran preocupación estructural y de enlazabilidad en la unión. Así:

a) Con el corte en pico de flauta y los pernos y las pletinas de la *imagen 4a* se pretendía la continuidad y el monolitismo del enlace.

b) Con las ménsulas de la *4b*, se acortaba la longitud de la viga.

c) La *4c* consigue además la continuidad de la longitud transversal.

d) Para garantizar la enlazabilidad existían cajas especiales, también de fundición.

e) Las columnas que servían de arranque a los arcos se remataban con cajas asalmeradas.

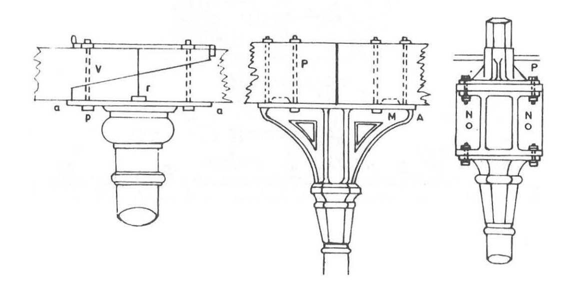
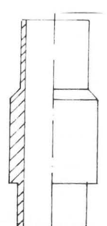


Figura 4
4a, 4b, 4c

Basas

Las columnas se apoyan en zócalos de fábrica o sobre losas de piedra que se encargan de transmitir al terreno los esfuerzos provenientes de las plantas superiores.

Las basas más sencillas se reducían a una pequeña prolongación de la columna (10 a 15 cm) que penetraba en un rebaje labrado en la piedra, retacándose con plomo fundido para regularizar el apoyo. Están indicadas para pequeños esfuerzos con nudos articulados. Más complejo es el apoyo de las basas representadas en la figura 5. La última corresponde a una columna utilizada además como bajante.



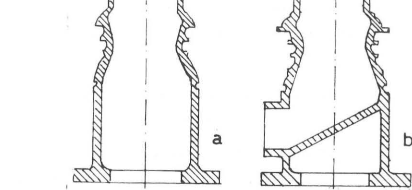


Figura 5

Para facilitar la fabricación y la puesta en obra, y al tiempo aumentar la superficie de reparto, existían coronas de apoyo independientes, reforzadas o no con aletas por arriba o por debajo.

La enlazabilidad zapata-columna se mejoraba con la ayuda de pernos anclados en cajetines previstos en aquélla y que se retacaban con mortero o con plomo fundido.

Las columnas de más entidad se complementaban con basas cilíndricas como las representas en las figuras 6a y 6b. Otras eran esféricas para permitir la formación de articulaciones, y con éllo la disposición pendular muy indicada para apoyos móviles (figuras 7a y 7b), aunque obligaban a aumentar la longitud de pandeo.

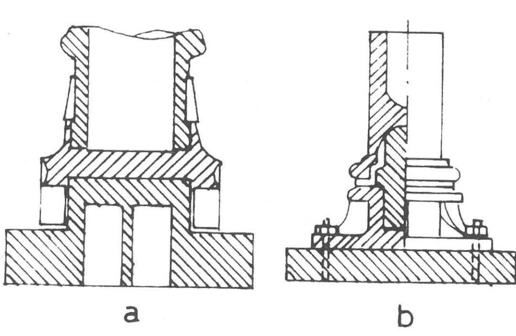


Figura 6

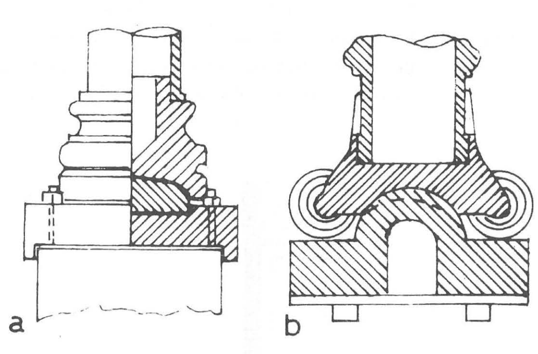


Figura 7

TÉCNICAS DE REFUERZO

Una forma de incrementar la capacidad portante de una columna es rellenarla de hormigón, convirtiéndola en una sección mixta (figura 8a).

Puede aumentarse aún más de utilizar hormigón armado (figura 8b).

Otras, reduciendo la longitud de pandeo y con élla la esbeltez; y consecuentemente el coeficiente de pandeo.

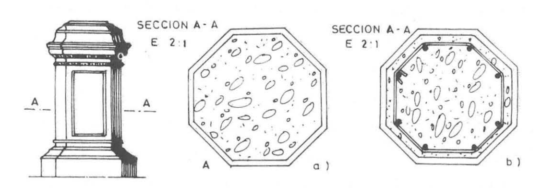


Figura 8

La longitud de pandeo puede reducirse empotrando uno o los dos extremos de la columna.

El empotramiento se consigue atornillando pernos roscados en la basa y (o) en el capitel de la columna que posteriormente se embeben en la zapata y (o) en la viga de coronación respectivamente (figura 9). Y de haber macizado interiormente, por prolongación de las armaduras (figura 10).

Reparación de columnas de fundición

La fundición es una aleación hierro-carbono (entre 3-6%) que encierra otros elementos como el magnesio y silicio para las fundiciones ordinarias y adiciones para las especiales. Estas aportaciones son las que

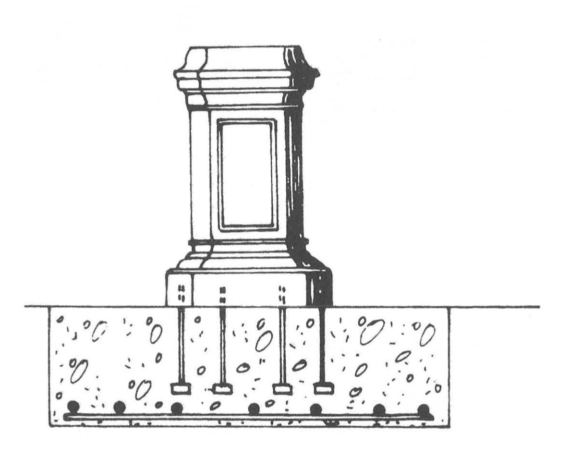


Figura 9

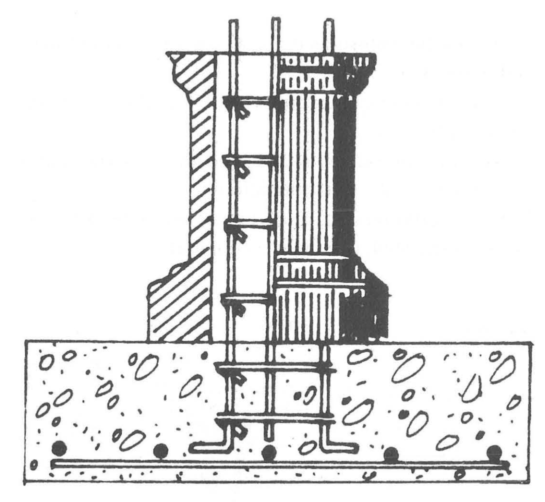


Figura 10

dan origen a las distintas clases de fundiciones. De todas éllas es la gris la que constituye la gran mayoría de las columnas y demás componentes estructurales empleados en construcción. Propiedades como el buen comportamiento frente a la corrosión, excelente resistencia al desgaste y fácil mecanización, han hecho que la fundición gris se utilizase masivamente en ornamentación, calderería y estructuras.

En algunas ocasiones, y debido principalmente al aumento de las sobrecargas o a golpes, pies derechos de fundición que habían trabajado sin problemas durante mucho tiempo se han fisurado o agrietado. Al ser elementos de gran belleza y no demasiado frecuentes, es necesaria su reparación y posterior conservación.

En general, la soldabilidad de cualquier fundición presenta dos problemas principales: por un lado está la formación más o menos localizada de fundición blanca (denominada «grano duro» por los soldadores). Y por otro, la creación de fisuras o grietas debidas al coeficiente de contracción y las propiedades físico-químicas de la fundición. Además de ésto la fundición gris posee una gran fragilidad, lo que dificulta enormemente su reparación por soldadura.

No obstante, existen algunos procedimientos que han dado cierto éxito en la reparación de piezas.

Los métodos más empleados en la solución de este tipo de problemas asociados a columnas y elementos estructurales de fundición gris son: la soldadura oxia-

cetilénica, la soldadura al arco y los modernos adhesivos a base de resinas epoxi.

Soldadura oxiacetilénica

También conocida como OAW, se trata de una soldadura oxiacetilénica con soplete, material de aporte de composición similar al metal base, alto precalentamiento y enfriamiento muy lento. A este respecto, los mejores resultados se han obtenido a temperaturas en torno a los 300º C (combinado con el uso de revestimientos de electrodos de bajo contenido en hidrógeno). Con éllo se consigue disminuir la escala de enfriamiento y reducir al mínimo el peligro de agrietamiento, aunque esto no siempre es posible.

Las recomendaciones prácticas que aconsejan los soldadores profesionales para estos casos son:

– Evitar el contacto del dardo del soplete con el metal fundido.

– Emplear sopletes potentes con exceso de acetileno.

– Utilizar como metal de aportación fundición silicosa (3 al 5% de Si).

– Precalentar toda la pieza en un recinto cerrado y dejarla enfriar lentamente, después de la soldadura,al abrigo del aire.

Soldadura al arco

Este procedimiento presenta una mayor variedad en los métodos y en la naturaleza de los electrodos. Sin embargo el más utilizado es la soldadura al arco manual en electrodo de niquel ó 55 Ni-Fe, empleando aportes térmicos muy bajos para reducir al máximo la fusión del metal base.

Resinas epoxídicas

Es el último método desarrollado en este tipo de intervenciones. Utilizados tanto para el pegado entre sí de elementos de hormigón, como de refuerzos metálicos a hormigón o incluso a fundiciones. Esta clase de adhesivos reúne cualidades que incluyen la ausencia de retracción, resistencia a ataques químicos, altas resistencias mecánicas iniciales y finales... etc.

Empresas como Sika o Bettor poseen en sus catálogos productos (Sikadur 31 y Adepox respectivamente) para emplear con éxito en estos casos.

Tanto si se emplea soldadura, como adhesivos a base de resinas epoxi, después de la reparación de la grieta se debe proceder a su tratamiento frente a ataques químicos, corrosiones y posterior pintado, que era el acabado habitual para estas superficies.

La reconstrucción de la torre gótica de la catedral de Oviedo en el siglo XVIII

Vidal de la Madrid Álvarez

La torre gótica de la catedral de Oviedo

En el año 1500 el maestro Juan de Badajoz trazó para la catedral de Oviedo una fachada occidental de tres tramos con los dos extremos rematados en sendas torres. Sin embargo, a causa de ciertos recortes presupuestarios, la torre norte nunca llegó a ser construida y tan sólo se realizó la meridional. Este cambio en el proyecto inicial obligó también a variar el diseño de la única torre erigida y sus dimensiones originales, que aún pueden adivinarse en el truncado cuerpo septentrional, se transformaron para conseguir unos resultados más ambiciosos que compensasen la devaluación de la idea primitiva. Badajoz se fue de Oviedo en 1511 cuando sólo había sido realizado el tramo inferior de la torre, pero los maestros que le sucedieron en estos trabajos respetaron su diseño. Por fin, en el año 1551, Juan de Cerecedo, el Viejo, concluyó todo el proceso constructivo con la colocación de la flecha que remataba la torre. El conjunto se coronó al año siguiente con una estructura metálica compuesta por dos bolas y una cruz que el cabildo había importado de Flandes, pero todo ello permaneció muy poco tiempo inalterado.

El 13 de diciembre de 1575 un rayo destruyó la flecha y causó serios destrozos en los cuerpos inferiores de la torre. En este momento, el cabildo se planteó por vez primera su reconstrucción y lo hizo con un talante muy abierto, pues encargó un nuevo proyecto al maestro Rodrigo Gil de Hontañón. Éste no se limitó a reproducir mecánicamente la idea ya trasnochada de Badajoz y elaboró un diseño que la modificaba sustancialmente, modernizándola mediante la incorporación de un nuevo tramo de planta mixtilínea previo a la flecha. En este cuerpo Gil de Hontañón eludió el empleo del arco apuntado, utilizó los recursos ornamentales propios del momento en ventanas, pilastras, balaustradas o arcos de medio punto y desarrolló una estructura muy dinámica de sección quebrada asociada a elementos cilíndricos de remate cónico helicoidal en las esquinas. La continuidad del friso y la balaustrada garantizan la unidad del conjunto y su mayor virtud es favorecer una transición suave entre la planta cuadrada de la torre y el polígono que dibuja la base de la flecha. La línea quebrada diluye sin dificultad la sección poligonal del remate gótico y los elementos cónicos de las esquinas favorecen la integración mejor que los esbeltos pináculos de los cuerpos inferiores (figura 1).

El original diseño de Gil de Hontañón fue concluido por el maestro Diego Vélez en el año 1587 y, salvo alguna modificación ocasional, se mantuvo con pocos cambios hasta 1723, cuando otro temporal le ocasionó un quebranto de extraordinarias proporciones.[1]

La destrucción de la torre. Los trámites para su reconstrucción

A las siete de la mañana del día 13 de diciembre de 1723, durante el transcurso de una fuerte tormenta,

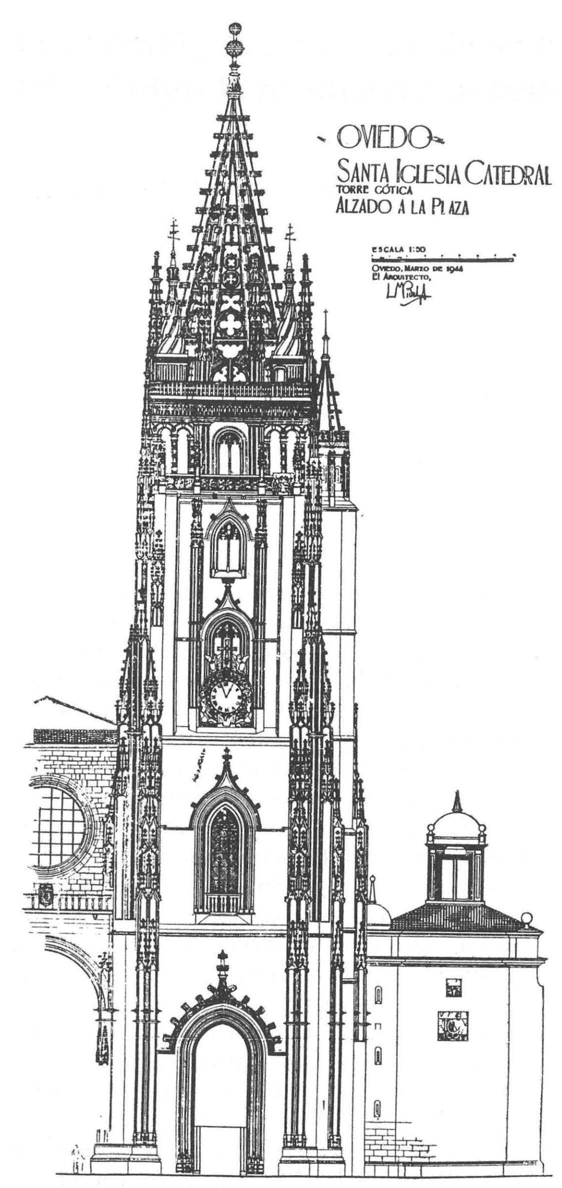


Figura 1
Torre de la catedral de Oviedo. Dibujo de Luis Menéndez Pidal

cayó un nuevo rayo sobre la torre gótica de la catedral de Oviedo que le causó graves destrozos. El daño afectó en mayor medida a la flecha, singularmente en su flanco meridional, pero también se vieron perjudicados los niveles inferiores y otras zonas del templo. Para evaluar correctamente el quebranto, el cabildo encargó al día siguiente la elaboración de un informe detallado al arquitecto montañés afincado en Oviedo Francisco de la Riva Ladrón de Guevara (1686-1741). Este maestro había llegado a la capital del Principado en 1713 y en el momento del accidente era el profesional mejor considerado de la región, con un prestigio fundamentado en obras muy diversas entre las que se contaban encargos públicos, originales diseños palaciegos y alguna comisión catedralicia.[2]

Riva redactó su informe el 17 de diciembre y fue examinado tres días más tarde por el cabildo, que deseaba ponerlo en conocimiento del rey y de otros personajes relevantes de la corte con el objeto de reunir fondos para la reconstrucción de lo dañado. El texto del arquitecto se ajusta a estas exigencias y, tras realizar una descripción exaltada de la torre, efectúa un recuento de los destrozos causados por el temporal en su conjunto. Según Riva, la flecha había sido destruida en su mayor parte y uno de los remates cónicos había desaparecido, así como numerosos pináculos de esta zona y amplios sectores de los corredores y cornisas del cuerpo trazado por Gil de Hontañón. Además, también se vieron afectados en diferente medida los cuerpos inferiores, que registraban la destrucción de un segmento importante de la escalera de caracol, la desaparición del tablado interior, la fragmentación de la maquinaria del reloj, la desfiguración de alguna ventana y graves deterioros en uno de los arcos de la base. Por último, Riva constata la existencia de algunos desperfectos menores en otras zonas del templo como la nave mayor o la capilla de Santa Bárbara. En su opinión, el coste aproximado de las obras de reparación ascendería a 60.000 ducados.[3]

La cantidad facilitada por Riva en 1723 tan sólo era un cálculo provisional pues no se habían tenido en cuenta otros daños relevantes del conjunto como los del enlosado de la plaza, algunas vidrieras, en especial las de San Antonio y la Natividad, o numerosas quiebras en las cubiertas de todo el edificio que alcanzaron incluso a la capilla de Nuestra Señora del rey Casto.[4] (figura 2). No obstante, fue la estimación manejada por el cabildo ovetense para justificar la necesidad y la urgencia de ayudas oficiales destinadas a financiar los trabajos de reconstrucción. Desde el primer momento, la estrategia del cabildo pasaba

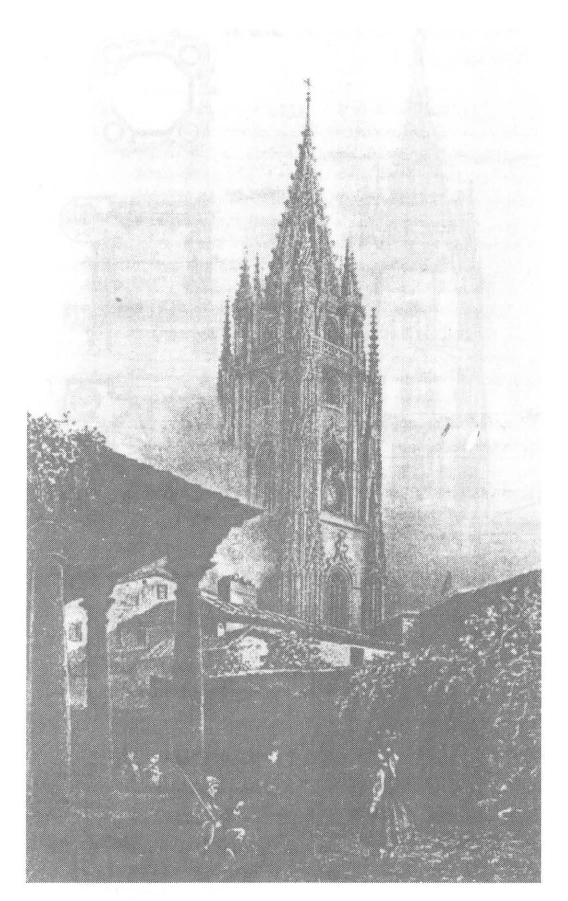


Figura 2
Torre de la catedral de Oviedo litografía de F. J. Parcerisa, 1855

por poner de manifiesto la escasez de sus rentas y reclamar del monarca las subvenciones que posibilitasen las obras. A lo largo de 1724 las comunicaciones de los canónigos y sus representantes ante las instancias oficiales fueron perfilando las dos opciones más probables para cubrir la financiación: un arbitrio sobre el tabaco o la sal o la anexión de la abadía de Santo Adriano de Tuñón. Al año siguiente, el Consejo de Castilla se muestra receptivo ante estas reclamaciones y ordena un informe sobre estos arbitrios y la elaboración de un proyecto para el reedificio de la torre, que debería encargarse a tres arquitectos de probada experiencia y que aportaría un nuevo presupuesto. Para cumplir esta última exigencia se llamó a Salamanca a los maestros Alberto Churriguera y José Gallego, que se unirían a otro local, probablemente el propio Francisco de la Riva. Sin embargo, y pese a que los libros de acuerdos del cabildo anotan la inminencia de su llegada el 7 de marzo de 1726, desconocemos si finalmente acudieron a Oviedo. Además, todo parece indicar que no fue así, pues el diseño que debían haber elaborado nunca se menciona en los trámites posteriores.[5]

Por fin, en el mes de octubre de 1726, el rey concedió a la catedral de Oviedo el arbitrio de un real en fanega de sal para el reedificio de su torre.[6] Este impuesto tuvo una importancia trascendental para el templo ovetense ya que, a la larga, se convirtió en una vía extraordinaria de obtención de recursos y permitió la financiación de la mayor parte de los proyectos realizados durante la primera mitad del siglo para el adorno catedralicio, como los órganos de la nave central o los retablos del crucero (figura 3).

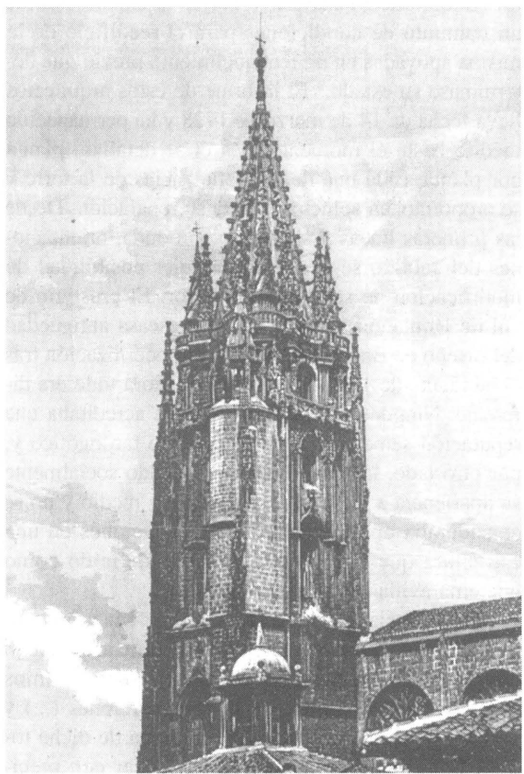


Figura 3
Torre de la catedral de Oviedo. La Ilustración Gallega y Asturiana, 1879

El proyecto de reconstrucción de la torre

En el mes de noviembre de 1727, un año después de haber sido concedido el arbitrio sobre la sal y una vez que éste había proporcionado algunos frutos, el cabildo decidió dar comienzo a las obras de reconstrucción de la torre. Para encargarse de los trabajos se pensó en contratar a un maestro de prestigio que garantizase la correcta ejecución del proyecto. Esto nos indica dos cosas: por una parte, el cabildo daba gran importancia a la obra y no estaba dispuesto a que esta resultase un fracaso; por otro lado, esta actitud revela que Francisco de la Riva, pese a colaborar frecuentemente con el cabildo ovetense, no era considerado el maestro de la catedral y, además, los canónigos aún no habían depositado en él su confianza plena.[7] Con el fin de orientar la búsqueda del maestro de la torre y determinar sus obligaciones, el cabildo encargó a Francisco de la Riva, Pedro Muñiz Somonte y Valentín Antonio de Mazarrasa y Torres la elaboración de un conjunto de condiciones para el reedificio de la misma apoyadas en un reconocimiento previo que determinase su estado.[8] El informe de estos arquitectos lleva fecha de 14 de marzo de 1728 y ha permanecido inédito hasta el momento.[9] En él se detallan, planta por planta, cada una de las deficiencias de la torre y se proporcionan soluciones para su reparación. Desde las primeras líneas y siguiendo, sin duda, orientaciones del cabildo se descarta cualquier posibilidad de modificación de su aspecto anterior. El prestigio de Gil de Hontañón y, sobre todo, la escasa antigüedad del diseño de Badajoz permitió su modernización tras el incidente de 1575. Sin embargo, ahora todo era diferente. Ninguno de los tres maestros acreditaba una reputación semejante a la del maestro tardogótico y, por otro lado, la torre había consolidado socialmente su apariencia a lo largo de casi siglo y medio y no se consideraba oportuno introducir variaciones en una estructura que el propio Riva había definido como una «maravilla» en su primer informe.

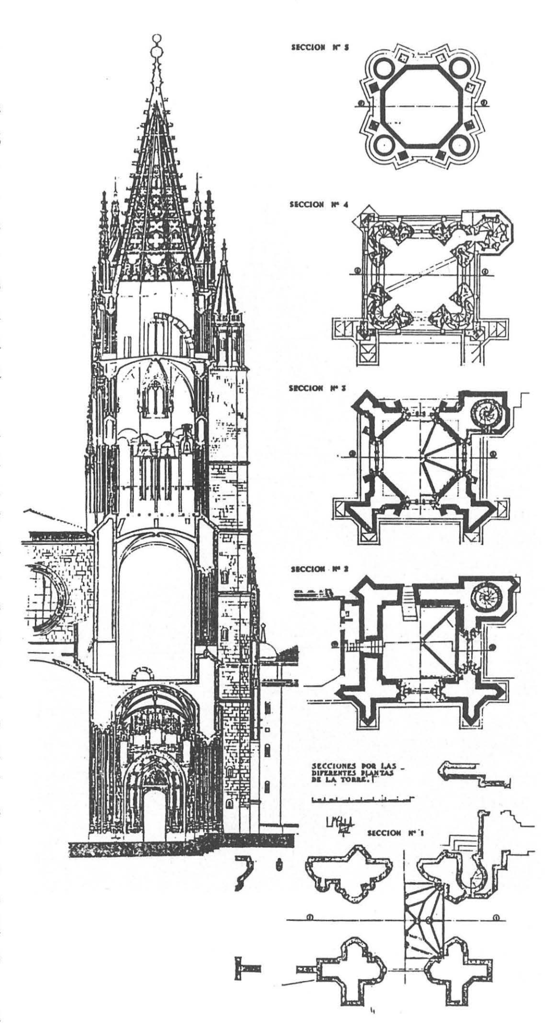


Figura 4
Torre de Catedral de Oviedo. Secciones de las plantas según Luis Menéndez Pidal, 1944

Así, la declaración de Riva-Muñiz-Mazarrasa se inicia afirmando su voluntad de «reedificar de nuevo con la mayor seguridad, observando los mismos gruesos, anchos, largos, altos y proporciones (...) y perfiles de la creación y fábrica antigua de dicha torre». Por este informe podemos conocer con precisión el estado de la torre previo a su reconstrucción, así como las soluciones propuestas por estos arquitectos (figura 4). El arco inferior abierto hacia la fachada occidental estaba arruinado en su mayor parte hasta la primera bóveda y, además, presentaba sillares movidos y piezas partidas en toda su extensión. Se propuso cimbrarlo, demolerlo parcialmente y reconstruirlo de nuevo aprovechando las piezas que fuera posible y rehaciendo el resto según estaba antes de la destrucción. En el segundo cuerpo la situación era parecida y afectaba sobre todo a la ventana occidental cuyos elementos debían reconstruirse parcial-

mente «a correspondencia de lo antiguo con toda firmeza y seguridad». En el cuerpo del reloj se proponía la reconstrucción de las cuatro ventanas de los dos pisos, aunque se sugiere la conveniencia de cerrar la concavidad de los arcos del nivel superior para proteger el interior de la lluvia. En el cuerpo previo a la flecha era preciso reconstruir totalmente uno de los elementos cilíndricos de remate helicoidal situados hacia el sur porque había desaparecido, así como uno de los pináculos ubicados junto a él, que se rehízo enlazando sus piezas con almas de hierro y galápagos. Además era necesario reconstruir la cornisa y la balaustrada en esta zona y volver a colocar las barras de hierro que unían los pináculos con la flecha. Ésta también estaba arruinada, al menos en la cuarta parte de su altura, y era preciso reconstruir totalmente tres de sus machones ajustándolos en su diseño al resto de la pieza y componiéndolos con almas y galápagos de hierro.

Para conseguir perfectamente el efecto restaurador perseguido se prevenía que toda la cantería empleada procediese de los mismos lugares que la original. Así, según determinan los maestros en su informe, las obras del último cuerpo y la flecha deberían ejecutarse con la piedra de las canteras de Santomedero de Ayones, mientras que en los arcos de los dos cuerpos debería emplearse la cantería de Piedramuelle.[10] (figura 5).

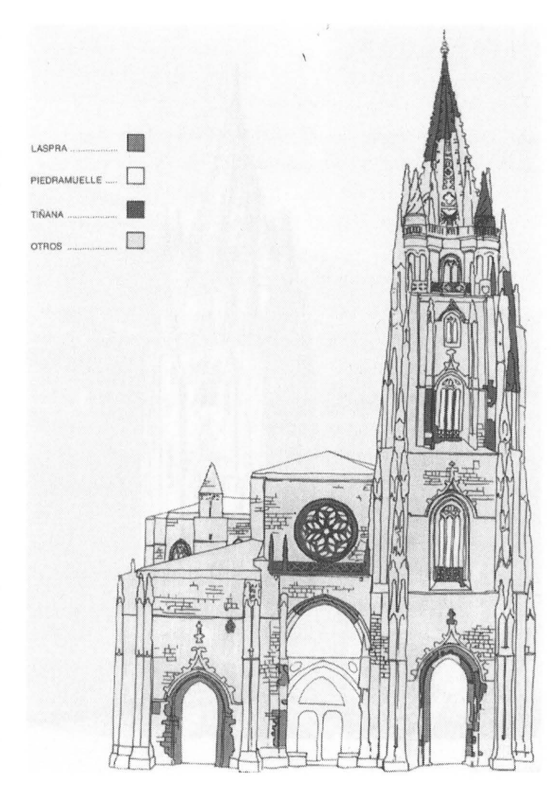


Figura 5
Torre de la Catedral de Oviedo, los materiales pétreos de la torre en su composición actual tras la reconstrucción de la postguerra, según Rosa M.ª Esbert y Rosa M.ª Marcos, 1983

Para el remate de estas condiciones se remitieron edictos a Madrid, Santiago, Salamanca y Santillana con la esperanza de atraer a un maestro de fama. Tras varios retrasos, el 18 de enero de 1729, el cabildo escogió al maestro de la obra mediante votación secreta de papeletas depositadas en un jarón de plata. De los cuatro candidatos Vicente Alonso Valentín y Torralba, Francisco de la Riva, Pedro Muñiz y un tal fray Pedro, estos dos últimos tan sólo recibieron un voto en primera instancia y tras nueva votación entre los dos mayoritarios, salió elegido Alonso Valentín que obtuvo 18 votos frente a los 16 de Riva. Este arquitecto procedía de Madrid y exigía un salario de 500 ducados al año, pero no acudió inmediatamente a la ciudad y, después de varios meses de espera, el cabildo, temiendo un deterioro mayor de la torre a causa del retraso, decidió nombrar un maestro provisional para ir ejecutando la reconstrucción hasta que llegase el arquitecto de la capital. Por este motivo, en abril de 1729, se procedió a una nueva votación secreta de los canónigos para escoger entre Muñiz Somonte y Riva, que fue favorable a este último. Francisco de la Riva inició los trabajos de restauración de la torre con carácter provisional pero, una vez confirmada la abstinencia del maestro designado en un principio para ello, afianzó definitivamente la obra en el mes de marzo de 1730 con las condiciones establecidas por él mismo, Mazarrasa y Muñiz dos años antes. Las obras se desarrollaron con rapidez de forma que ya en junio de 1731 se contrató con Martín Díaz Ania la realización de la cruz y las dos bolas de cobre destinadas a rematar la flecha. Por fin, en el mes de octubre de 1 731 Francisco de la Riva y José Morán, maestro carpintero encargado de los andamios, recibieron una gratificación del cabildo por haber concluido satisfactoriamente la reconstrucción de la torre que, en el caso del arquitecto, ascendió a 18 doblones y en el del carpintero a doce.[11] (figura 6).

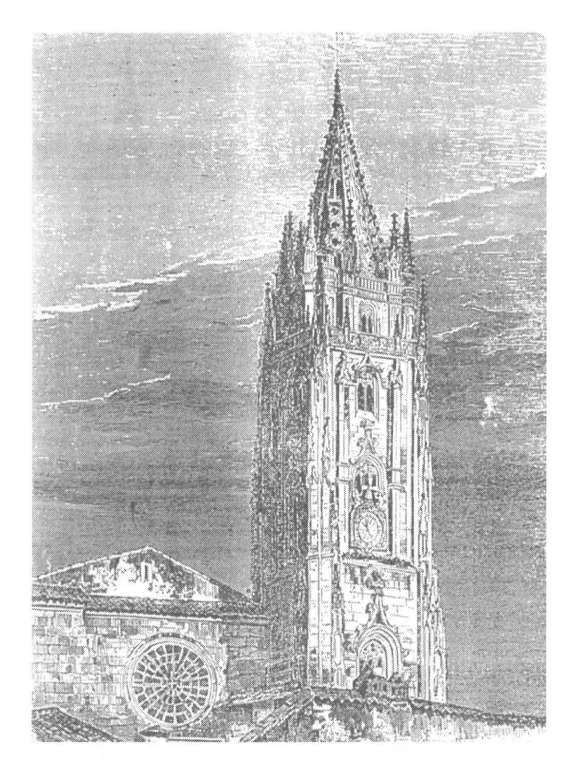


Figura 6
Torre de la Catedral de Oviedo *La Ilustración Gallega y Asturiana*, 1881

Según hemos visto, el trabajo de Francisco de la Riva en la torre de la catedral de Oviedo tomó la forma de una recuperación mimética y fascinada de la obra anterior, efectuando reintegraciones generalizadas de elementos en todos los cuerpos y cuidando que su personalidad no aflorase en el resultado final. Así se explica también la utilización de la misma piedra empleada en la obra original y este modo de actuar, establecido claramente en el reconocimiento e informe de 1728, demuestra hasta qué punto la imagen de la torre gótica formaba parte ya del carácter y la imagen pública de la catedral ovetense.

La torre actual no ha llegado hasta nosotros tal como la dejó Riva y ha sufrido algunas intervenciones posteriores, de las cuales la más relevante ha sido la de Luis Menéndez Pidal, entre 1934-1953, para reparar los destrozos provocados por los enf rentamientos bélicos en el presente siglo.

NOTAS

1. Para conocer el proceso edificatorio de la obra gótica resulta imprescindible el estudio de Francisco de Caso, *La construcción de la catedral de Oviedo (1293-1587),* Oviedo, Universidad de Oviedo, 1981, especialmente pp. 339-410 y 450-467.
2. Francisco de la Riva Ladrón de Guevara llegó a Oviedo procedente de Valladolid y León en el año 1713 para encargarse de la fontanería municipal y permaneció trabajando en la región hasta su muerte en 1741. Durante este período de tiempo se ocupó de numerosos encargos de carácter diverso entre los que se encuentran la reforma de la torre de las casas consistoriales de Oviedo (1717), la escalera del claustro del desaparecido convento de San Francisco de Oviedo (1718) y su nueva enfermería (1719), el primer proyecto para el palacio del Marqués de Camposagrado en Oviedo (1719), el palacio del Duque del Parque en Oviedo (1723) y su capilla en la iglesia jesuítica (1732), la colegiata de Pravia (1727) y el muelle de Candás (1737). Además, desde poco antes de su intervención en la obra de la torre, trabajó de forma continuada en la catedral de Oviedo donde construyó la nueva escalera para la Cámara Santa (1731), la nueva sacristía (1733), la ampliación del claustro gótico y su fachada hacia la Corrada del Obispo (1732-1738). Sobre este arquitecto pueden consultarse los trabajos del Marqués del Saltillo, «Un arquitecto montañés desconocido», *Altamira*, Santander, 1934, pp. 193-198 y «Palacios ovetenses. Datos para su historia (1474-1786)», *Revista de la Universidad Literaria de Oviedo*, Oviedo, 1942, pp. 3-41. Además, su figura ha sido perfilada con claridad como uno de los maestros fundamentales del barroco asturiano en los estudios de Germán Ramallo Asensio, *La Arquitectura Civil Asturiana (época moderna),* Salinas, Ayalga, 1978, pp. 155-169 y «El Barroco», en AA.VV., *Arte Asturiano II,* Gijón, Silverio Cañada, 1981, pp. 42-44.
3. Archivo Capitular de la catedral de Oviedo (en adelante, ACO), Libro de Acuerdos Capitulares, nº 45, fols. 50-51. Este documento ya ha sido citado y reproducido parcialmente por Germán Ramallo Asensio, *La arquitectura...,* pp. 167-168.
4. Algunos documentos posteriores recogen con detalle el coste de diversos trabajos destinados a la reparación de los desperfectos ocasionados por la caída de la torre. Véase ACO, Obrería Mayor, caja 266, (papeles sueltos), sin fecha.
5. La información fundamental sobre todo este proceso figura en los libros de acuerdos de la catedral de Oviedo. Véanse ACO, Libro de Acuerdos Capitulares, nº 45, fols. 57, 59, 63, 70, 74, 81 vº, 102 vº, 171, 201, 228, 231 vº, 232 y 250 vº.

6. ACO, Libro de Acuerdos Capitulares, nº 45, fol.290vº.
7. ACO, Libro de Acuerdos Capitulares, nº 46, fol. 55 vº.
8. Tanto Francisco de la Riva como Pedro Muñiz Somonte eran maestros locales que tenían cierta vinculación profesional con la catedral. Por su parte, Mazarrasa en esos momentos se encontraba construyendo el puente de Ujo y tal vez estuviera relacionado personal o laboralmente con Riva, pues en 1734 éste firmó las condiciones para la reconstrucción de la iglesia de Santa María de Azoque en Benavente que se atribuye a aquél. Véase Olav Mazarrasa Mowinckel, y Fernando Fernández Herrero, *Mazarrasa, maestros canteros y arquitectos de Trasmíera,* León, Colegio Oficial de Arquitectos de Cantabria, 1988.
9. Archivo Histórico de Asturias (en adelante, AHA), ante Esteban Teijeiro, Protocolos de Oviedo, caja 645, fols. 47-57.
10. « (...) Que todo el reedificio expresado desde el último cuerpo de dicha torre arriba como es uno de los cuatro cubos principales de escaleras de caracol, el pirámide contiguo a él, los reparos de los otros pirámides, la cornisa, corredores de balaustres y pasamanos, el arco y sillería de dicho último cuerpo como también lo expresado en dicha aguja principal ha de ser toda la cantería para ello del mejor género y calidad que se hallase en las canteras del sitio de Santomedero de Ayones por ser de aquel mismo paraje al parecer la demás cantería exterior de dicha torre excepto la interior del arco principal y el segundo ya expresados que al parecer están fabricados de cantería de Piedramuelle por lo cual será conveniente como va dicho se traiga de aquel paraje la cantería de la mejor calidad que en él se pueda hallar (...) », *íbídem,* fol. 55 vº.
11. Sobre el proceso de reconstrucción de la torre véase ACO, Libro de Acuerdos Capitulares, nº 46, fols. 83, 93 vº, 122~123, 136 vº, 142 vº, 143, 264, 268 y nº 47, fol. 101. Véase también Germán Ramallo Asensio, *La arquitectura...,* p. 168. El 30 de marzo de 1730 se contrató con los maestros de cantería Juan García de la Barreda y Manjón, Bartolomé Díaz y Francisco García el suministro de piedra para la obra de la torre procedente de las dos canteras ya señaladas «(...) a catorce cuartos y medio por vara de las que saliesen en dichas dos canteras, desbastado debajo a escuadra y por las medidas que para dicho fin les ha de dar don Francisco de la Riva Ladrón de Guevara (...)», AHA, ante Francisco Pérez Balsera, Protocolos de Oviedo, caja 650, fol. 174 vº. El contrato con Martín Díaz Ania para hacer la cruz y las bolas de cobre del remate se firmó el 6 de junio de 1731 y establecía que el material empleado debía tener el grueso del canto de un real y sus planchas debían unirse con clavos del mismo material, AHA, ante Francisco Pérez Balsera, Protocolos de Oviedo, caja 651, fols. 236-237.

Reconstrucción teórica de la cabaña del yacimiento del cerro del Ecce Homo (Alcalá de Henares, Madrid). Una aproximación metodológica al estudio de la prehistoria de la construcción

Luis Maldonado Ramos
Fernando Vela Cossío

El término *arquitectura* implica, básicamente, propósito y plan deliberados, de los que surgen la tecnología de la edificación y casi siempre determinados efectos estéticos. Esta idea de la arquitectura, fuertemente determinada por la presencia de lo constructivo —en tanto que materialización de una idea— viene acompañada de un creciente interés sobre las arquitecturas primitivas, populares y vernáculas, relacionadas las primeras con sociedades de recolectores y cazadores, y por tanto con las muestras de la arquitectura prehistórica, y comparables las segundas con sociedades de productores agrícolas y ganaderos, es decir, con arquitecturas de la prehistoria mas reciente y la protohistoria. Estas construcciones, prehistóricas, primitivas, populares y vernáculas, se mueven en torno a parámetros más relacionados con la funcionalidad, las técnicas constructivas y el lenguaje de los materiales empleados, que con la estética, la composición o la idea de estilo, conceptos que reservamos normalmente a las arquitecturas históricas, incluidas las modernas.

El constructor popular, como el primitivo, parte del establecimiento de unas necesidades funcionales —un programa— y de unos condicionantes preestablecidos, básicamente los del medio físico, sus características bioclimáticas y los materiales que ofrece. A través de la experiencia —personal o colectiva— y de la intuición utiliza sus recursos para dar una respuesta constructiva formal a una necesidad o necesidades funcionales básicas, que se traducen en tipologías de la edificación. Las razones que nos mueven a diferencias entre problemas funcionales y constructivos parten de la clase de factores que intervienen en la configuración de cada uno de ellos. Estructura socioeconómica de los grupos, estructura familiar, niveles de comunicación social, necesidades básicas a las que el programa debe responder, etc, son factores que inciden sobre lo funcional. Las condiciones del ambiente, el clima, la abundancia de un determinado material o materiales, la respuesta constructiva de estos y la perdurabilidad de lo edificado asi como las implicaciones tecnológicas de todos estos factores, contribuyen a formar el espectro esquemático de lo constructivo.

La investigación refleja en mayor o menor medida esta manera de entender la cuestión, planteándose en todo caso problemas de terminología. Simplificando, podemos hablar de lo que se hace, pero distinguiendo el por qué se hace del como se hace. El diseño de las formas arquitectónicas nos proporciona mucha información respecto a los por qué —nos habla de funciones y de ejercicios intelectuales para resolverlas, nos enseña los principios socioculturales que organizan al grupo humano—, en cambio, la construcción nos explica como se materializan estas ideas, como se traducen a la realidad material, como toman forma, como se adaptan al ambiente físico y como responden a las leyes universales.

La importancia del análisis del medio físico en la interpretación de las arquitecturas, o mejor, de las construcciones, ha quedado bien patente en la investigación emprendida en el campo de lo primitivo y de

lo popular, aunque es habitual hoy una crítica sistemática al determinismo ambiental. Es razonable pensar que la arquitectura se diferencia y se desarrolla como instrumento de vida social, pese a las limitaciones ambientales del medio, y no a causa de ellas. Bien es verdad que no podemos prescindir de las características del ambiente, pero en su conjunto, la arquitectura tiende a minimizar su alcance reductor (Guidoni 1977). Otros autores, incluso subordinando los factores histórico-sociales a los ecológico-formales (Oliver 1969, 1971 y 1977) tienden a recoger los primeros entre los de mayor interés, y desde luego, ya existen antiguas obras de referencia en las que parece plantearse como alternativa al determinismo ambiental un cierto determinismo cultural (Rapoport 1969 y 1978).

En todo caso no podemos obviar, y en eso todos convenimos, que el progreso de la arquitectura está aparejado al desarrollo social, económico y tecnológico de los grupos humanos, y que se ve favorecido por la alteración de las formas de vida nómadas y el paso a patrones de carácter sedentario.[1] Partiendo de todas estas premisas —que requieren un análisis mucho más detallado que ahora no efectuaremos— podemos establecer cierta similitud entre la problemática que rodea el estudio de las arquitecturas primitivas, populares y vernáculas —entendiendo estas últimas como las que ofrecen el perfil de una zona geográfica regional más o menos definida— y las prehistóricas y protohistóricas. En este ámbito, la reconstrucción tipológica y sobre todo constructiva de los hallazgos del Ecce Homo, aspira a ofrecer una materialización meditada y razonable de lo que constituye una evidencia arqueológica limitada.[2]

Se plantea una descripción detallada del modelo constructivo, acompañándolo de las referencias arqueológicas y arquitectónicas que nos han parecido más significativas y esclarecedoras, pero tenemos que insistir en el problema que supone trabajar con evidencias arqueológicas de este carácter. Partimos de un marco teórico según el cual el constructor prehistórico, como el primitivo o el popular, trabaja al límite de sus medios (Rapoport 1969), y tiene un conocimiento detallado de la respuesta constructiva de su creación en relación a los factores ambientales, a la resistencia de los materiales utilizados y a las exigencias mínimas de perdurabilidad. Este conocimiento debe conducir a soluciones claras y directas a los problemas planteados; como lo expresa Le Corbusier: «no existe eso que llamamos hombre primitivo; hay únicamente medios primitivos. La idea es constante y poderosa desde el principio mismo» (Jeanneret 1926).

El trabajo en torno al yacimiento del Ecce Homo aporta una experiencia de colaboración interdisciplinar entre arqueólogos y arquitectos e insiste en la necesidad de una correcta traducción en términos constructivos y tecnológicos de lo que las evidencias arqueológicas disponibles invitan a suponer. Se han evaluado diferentes posibilidades constructivas para la reconstrucción del modelo, tomando como referencia el material arqueológico conocido y las implicaciones culturales y ambientales del mismo, desechando gradualmente resultados poco demostrables y desarrollando así la apariencia formal que pudo tener la estructura ahora conocida.

De forma paralela a esta indagación técnica se intentan ofrecer algunas referencias procedentes de la arquitectura popular, no tanto con la intención de mostrar un modelo equivalente en apariencia y funcionalidad, sino con el propósito de contrastar aspectos particulares que resuelven problemas similares a los detectados en Ecce Homo.

El yacimiento

El cerro del Ecce Homo se encuentra situado en el término municipal de Alcalá de Henares (Madrid), con localización de coordenadas 40° 29' latitud Norte y 3° 19' longitud Oeste, con referencia a la hoja 20-22 (560) del Mapa Topográfico Nacional escala 1:50.000. El cerro, con una altitud de 836 m y muy próximo al curso del Henares, presenta una cima plana resultante de la erosión de unos 400 por 200 m, constituyendo uno de los elementos más relevantes del relieve de la zona.

La investigación y excavación arqueológica del cerro del Ecce Homo, uno de los yacimientos protohistóricos más relevantes del interior de la Península Ibérica (Almagro-Gorbea y Dávila 1988), arranca en 1972, bajo la dirección de Martín Almagro-Gorbea y Dimas Fernández Galiano. De estos trabajos se obtiene una secuencia de ocupación del yacimiento organizada en tres periodos que corresponderían al Bronce Final (cultura de Cogotas I), primera Edad del Hierro (cultura de los Campos de Urnas) y fase de iberización del área (Almagro-Gorbea

y Fernández-Galiano 1981). La economía a lo largo de estas fases de ocupación habría estado basada en el cultivo de las riberas del Henares y la ganadería, principalmente de ovinos. A partir de 1985, por iniciativa del Dpto. de Prehistoria de la Universidad Complutense y con el apoyo de la Consejería de Cultura de la Comunidad de Madrid se plantea un plan de prospección sistemática dirigida por M. Almagro-Gorbea y R. Cristóbal Rodríguez. La excavación realizada a lo largo de 1986, 1987 y 1988 ha dado como resultado un mejor conocimiento de las etapas de ocupación del propio yacimiento, favoreciendo asimismo una mayor comprensión de la Prehistoria en el Valle del Henares. De todos los trabajos realizados vamos a hacernos eco únicamente de los correspondientes a la cuadrícula 6, que es la que ha dejado al descubierto los restos de una estructura de habitación de forma aproximadamente rectangular, sobre la que venimos trabajando desde 1993, con la intención de materializar un modelo de interpretación y evaluación de los hallazgos arqueológicos que permita abordar con cierto grado de fiabilidad la reconstrucción arquitectónica de estas estructuras.

Consideramos, a partir de la evidencia de que disponemos (figura 1), que se trata de una cabaña aproximadamente rectangular, con dimensiones en planta de unos 11 por 4 metros y una altura máxima a cumbrera de 3 metros. El sistema estructural empleado sería una combinación de muros de fábrica y elementos de madera, algunos de los cuales estárian empotrados en el suelo, sobre los que descansaría una cubierta vegetal con armadura también de madera.

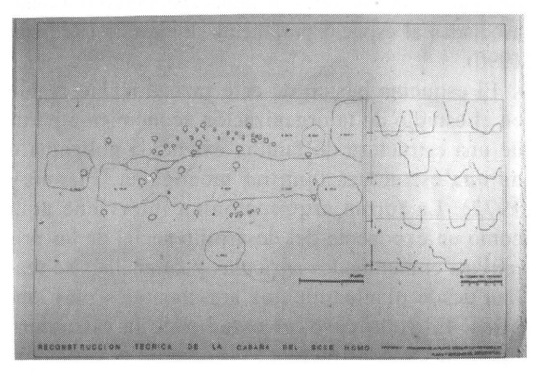


Figura 1
Planta de excavación de la cuadrícula 6 del yacimiento del cerro de Ecce Homo (Alcalá de Henares, Madrid). Perforaciones principales (sección)

Modelos comparativos

Para explicar y justificar el proceso constructivo de los hallazgos del Ecce Homo se ha partido de la evaluación de sistemas de construcción conocidos por nuestra arquitectura popular y que parecen guardar relación con el que se puede pensar que tuvo el original. Estos sistemas parten de la utilización de materiales existentes en el entorno geográfico inmediato, y que a través de un proceso de elaboración elemental resuelven con relativa sencillez los condicionantes que pueden plantearse a la hora de levantar una edificación de estas características.

Así, por indicación del Prof.Almagro pudimos conocer una serie de edificaciones en Anchuelo del Camino (Guadalajara) que respondían, desde el punto de vista constructivo a condicionantes similares a los que nos indicaba el registro arqueológico y el análisis del paleoambiente de la zona de Ecce Homo.

Las *parideras* de Anchuelo del Camino, encerraderos de ganado y refugio de pastores, son unas edificaciones de planta circular con muro perimetral de mampostería de piedra de una altura aproximada de poco más de un metro, con cubierta vegetal que descansa en *palos* de madera de sección variable apoyados en el citado muro y en un anillo interior de vigas de madera que trabajan a flexión sostenidas por cinco piés derechos encastrados en el suelo rocoso. La morfología de estas edificaciones queda definida por dos recintos circulares de diámetro variable, entre 6 y 8 metros, de los cuales uno se encuentra cubierto mediante el sistema antes descrito (figura 2).

El resultado más interesante de cuantos se han obtenido del estudio de las *parideras* de Anchuelo, ha consistido en poder materializar el proceso de evolución existente entre una cabaña de planta circular a una de planta rectangular, proceso que parece posible confirmar en el yacimiento del cerro de Ecce Homo, y problema que de modo genérico tiene planteado la investigación. Las viviendas circulares son susceptibles de ser estudiadas tanto en relación a las rectangulares y las cuadradas para establecer, si existe, algun modelo evolutivo, como en cuanto a sus propias características tipológicas. Los ejemplos de viviendas pre y protohistóricas de planta circular son muy

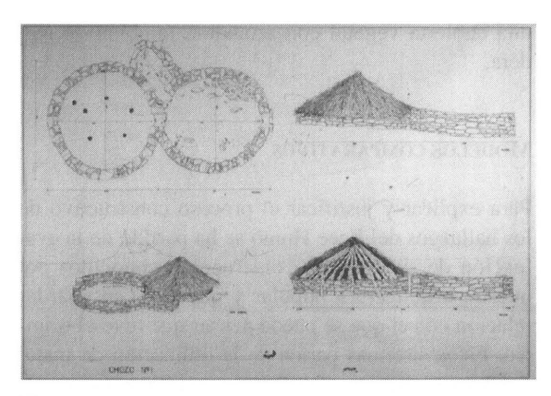


Figura 2
Planta, alzado y sección de *Paridera*. Anchuelo del Camino (Guadalajara). Chozo n.º 1

abundantes. Podemos citar las de Jericó del VII milenio, construidas con basamento de piedra y muros de adobe y tapial (Redman 1990), y que algunos investigadores han querido interpretar como la imitación, en materiales perdurables, de las tiendas y refugios del periodo nómada (Lloyd 1989). En el Neolítico europeo son también bastante frecuentes, como las francesas de Chassey (Delano Smith 1972), y las del yacimiento yugoeslavo de Lepenski Vir pueden considerarse como un ejercicio similar aunque sean trapezoidales (Srejovic 1976). La forma circular, relacionada con el útero y la maternidad, es considerada una forma intuitiva, frente a la cuadrada o rectangular, resultado de un ejercicio intelectual de mayor complejidad. No obstante, la forma circular presenta dos características que restringen categóricamente su desarrollo: en primer lugar su limitada capacidad para aumentar de tamaño dado que cualquier ampliación conlleva un aumento proporcional de su perímetro, y en segundo lugar, su escasa capacidad de agregación.

Se viene aceptando que la vivienda circular precedió a la rectangular o cuadrada. Algunos autores han querido ver un proceso evolutivo entre las viviendas circulares más primitivas y las formas rectangulares o cuadradas. Un ejemplo clásico es el de la *casa ovalada* de Khamaizi (Creta) construida durante el Minoico Medio I, es decir, entre el 2000 y el 1800 aC. en la cronología propuesta por Pendlebury (1965), en la que se ha querido ver la fase de transición que se produce entre las casas circulares y las rectangulares (Hutchinson 1950 y 1952). Lo cierto es que Khamaizi podría interpretarse como un resultado casual o como la adaptación de una casa rectangular a un espacio ovalado. En todo caso, otros edificios minoicos presentan características similares, como la *casa A* de Vasiliki, conocida como *casa de la colina* y varios edificios de Kalaithiana (Pendlebury 1965). Flannery, en un estudio sobre la relación entre las formas de organización interna de los asentamientos y la forma arquitectónica, apuntaba que la forma circular en la vivienda suele correlacionarse con sociedades nómadas o seminómadas, mientras que las viviendas rectangulares o cuadradas lo hacen con sociedades plenamente sedentarias (Flannery 1972). De hecho, parece relativamente probado que el paso de las estructuras circulares a las rectangulares se produjo al menos por dos motivos: la posibilidad de ampliación de las arquitecturas rectangulares cuando el crecimiento familiar lo demanda, y la intensificación de la producción, favorecida por el crecimiento demográfico, la concentración de la población y su organización social. Mientras la vida comunal en los recintos de cabañas circulares no habría estimulado el trabajo adicional, el desarrollo de la producción, de la propiedad privada y de la especialización contribuyeron a aumentar la efectividad de la economía de las aldeas agrícolas. En este sentido, el patrón rectangular ofrecía tres importantes ventajas: mejor adaptación a una estructura defensiva común, mayor capacidad de agregación, favoreciendo por tanto el crecimiento demográfico, y una estructura interna que facilita la adición de habitaciones de almacenamiento o trabajo asociadas al espacio puramente doméstico (Redman 1990).

El esquema básico de este razonamiento reside en el estudio de la organización económica a partir de una estructura de familia extendida polígama o de una estructura familiar monógama (Flannery 1972). La forma arquitectónica interviene aquí como un exponente del desarrollo social de las primitivas comunidades agrícolas y su análisis se realiza desde planteamientos argumentales más amplios. En todo caso, el estudio de la estructura tipológica y constructiva así como de la evolución de las viviendas circulares a las rectangulares, demandaría un estudio específico que no podemos liquidar ahora con la calidad de argumentos y la riqueza documental que merece.

Reconstrucción teórica de la cabaña

En este contexto, la cabaña rectangular de Ecce Homo parece mostrarnos el resultado del proceso evolutivo desde una cabaña más antigua de planta circular de la que podemos ver reproducidas sus principales características en las ya comentadas *parideras* de Anchuelo. Aunque los modelos circulares de vivienda pueden considerarse frecuentes en el Bronce Atlántico[3], no ocurre igual con el Bronce Final en la Meseta, donde nos vamos a encontrar fundamentalmente plantas ovaladas[4] que darán paso a plantas rectangulares y cuadradas en la primera Edad del Hierro. En Ecce Homo, por tanto, tendríamos documentada dicha transición, desde el modelo circular que hemos podido describir a partir de la comparación con las parideras de Anchuelo y cuya matriz sería posible *leer* en el registro del yacimiento.

El proceso podría resumirse en dos fases: una primera fase en la que se habría construido una cabaña de planta circular, que en una segunda fase habría sido ampliada y transformada en una mayor rectangular. Con respecto a la circular (figuras 3) la reconstrucción propuesta mantiene el sistema constructivo de las *parideras* de Anchuelo, justificándose parte de los agujeros de poste localizados por la excavación arqueológica. La cabaña se ajustaría a las perforaciones número 1, 2, 3 y 4 de la cuadrícula 6, obteniéndose una sección interior libre de seis metros de diámetro y una superficie habitable cercana a los 30 m^2. Sobre el esquema de esta primera cabaña se ampliaría la superficie habitable en la segunda fase, generándose una estructura aproximadamente rectangular de esquinas redondeadas de mayor complejidad en la que habrían de desarrollarse soluciones constructivas singulares (figuras 4 y 5). Esta cabaña rectangular aprovecharía las perforaciones 1, 2 y 3 de la primtiva cabaña circular, despreciando la número 4, y ajustándose a las número 5, 6, 7, 8, 9_2, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16. La solución constructiva planteada parte de una estructura de elementos de madera, en principio de sabina o enebro, formada por piés derechos y vigas, con nudos en apoyo, constituyendo un sistema estructural isostático, viéndose favorecida la estabili-

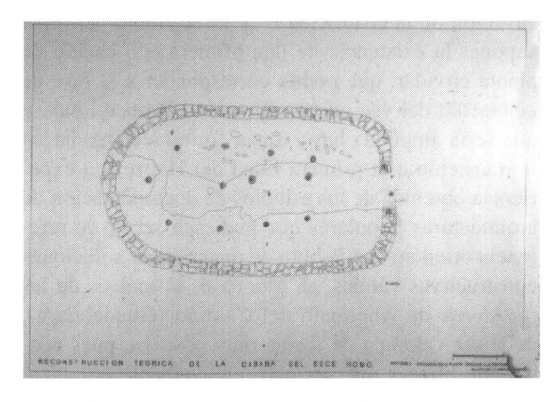


Figura 4
Reconstrucción teórica de la cabaña de Ecce Homo. Segunda fase: planta rectangular. Planta

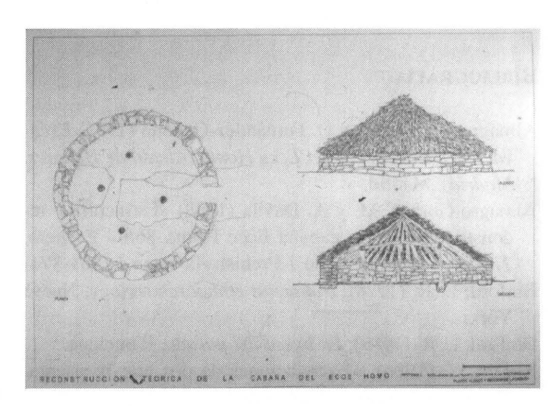


Figura 3
Reconstrucción teórica de la cabaña de Ecce Homo. Primera fase: planta circular. Planta, alzado y sección

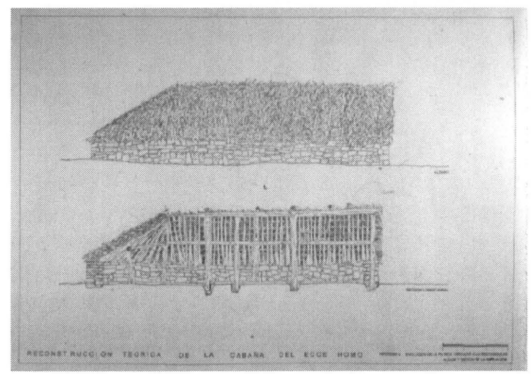


Figura 5
Reconstrucción teórica de la cabaña de Ecce Homo. Segunda fase: planta rectangular. Alzado y sección

dad por el propio peso de la cubierta. Constructivamente, la cabaña se resuelve con un muro perimetral de mampostería de piedra cimentado directamente sobre el terreno, en el que previamente se han realizado labores de desbroce y nivelación. Sobre el muro se apoyan por su extremo inferior los *palos* que conforman la armadura de cubierta, con un apoyo intermedio sobre una viga de madera y un apoyo superior en la viga cumbrera. La cubierta se realizaría empleando como material de cubrición ramaje de sabina o enebro sobre ripia de palos y cortezas resultantes del desbastado de los postes y otros elementos estructurales.

Concluyendo, podemos afirmar que las características observadas en el registro arqueológico de la excavación de la cuadrícula 6 de Ecce Homo permiten suponer la existencia de una primera edificación de planta circular, que podría corresponder a la fase de ocupación del yacimiento durante el Bronce Final, y que sería ampliada hasta tomar forma rectangular en la transición a la primera Edad del Hierro. La experiencia obtenida de los estudios de documentación de arquitecturas populares que pudiesen servir de referencia orientativa a la hora de materializar soluciones constructivas válidas, en este caso, el análisis de las *parideras* de Anchuelo del Camino (Guadalajara), debe ser valorada de forma muy positiva, pues además de ofrecer un *catálogo* relativamente completo de *soluciones tipo* ha permitido efectuar valoraciones de carácter tipológico mucho más interesantes.

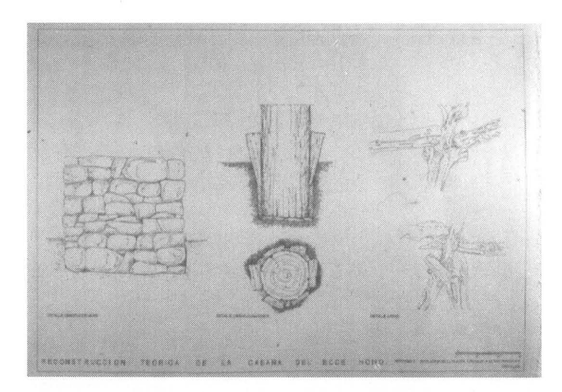


Figura 6
Reconstrucción teórica de la cabaña de Ecce Homo. Detalles constructivos. Cimentación muro. Cimentación poste. Apoyos

NOTAS

1. No obstante, si toda actividad arquitectónica implica una delimitación del espacio, *«hacerse cargo del espacio»* como dice Leroi-Gourhan, deberá apreciarse este en todas sus escalas: territorio, asentamiento y vivienda (Guidoni 1977). La razón es obvia, la arquitectura de los pueblos obligados a un continuo nomadismo no puede expresarse en construcciones duraderas, de manera que la arquitectura de estos pueblos constituye la interpretación y humanización del territorio sobre el que actúan. En este sentido debe decirse que los arqueólogos carecen normalmente de los métodos apropiados para detectar los modelos de uso del espacio empleados en estos casos (Binford 1978)
2. Con respecto a la valoración e interpretación de las evidencias arqueológicas, puede consultarse sobre suelos de ocupación (Bordes 1975) y (Rus y Vega 1984). Sobre la interpretación de estructuras puede verse (Corchón 1982). Indudable interés presentan otras obras: (Clarck 1972) (Campbell 1977) (Leroi-Gourhan y Brezillon 1966).
3. Un buen ejemplo lo constituye el Castro de Cameixa (Orense) donde han podido ser documentadas cabañas circulares construidas originalmente con tierra y despues en piedra durante la Edad del hierro. Pueden citarse también las cabañas ovaladas de Bouça do Frade en Baiâo, Portugal (Oliveira 1988), o las de Castillo de Henayo (Alava), de planta circular con poste central de madera (Llanos 1974).
4. Se ha podido documentar en Getafe (Madrid) una cabaña oval excavada en la roca de 5 x 3,5 m con ocho agujeros de poste —seis en el contorno y dos en el interior— correspondiente a la fase de transición del Bronce Final al Hierro, inmediatamente anterior a la de Ecce Homo (Almagro-Gorbea y Dávila 1988) (Blasco 1986).

BIBLIOGRAFÍA

Almagro-Gorbea, M. y D. Fernández-Galiano (1981) *Excavaciones en el cerro del Ecce Homo (Alcalá de Henares, Madrid)*. Madrid.

Almagro-Gorbea, M. y A. Dávila (1988) «Estructura y reconstrucción de la cabaña Ecce Homo 86/6» *Espacio, Tiempo y Forma*, Serie I Prehistoria tomo I (361-374)

Binford, L. R. (1978), *Nunamiut ethnoarchaeology*. Nueva York.

Binford, L. R. (1988), *En busca del pasado*. Barcelona.

Blasco, C. (1986), «Excavaciones de dos nuevos asentamientos prehistóricos en Getafe (Madrid)» *Excavaciones Arqueológicas en España*, 27 (106 s.)

Bordes, F. (1975), «Sur le notion de sol d'habitat en prehistoire paléolithique», *B.S.P.F.* 72.

Campbell, J. B. (1977), *The upper paleolithic of Britain*. 2 vol. Oxford.

Clarck, J. D. G. (1972), *Star Carr: a case study in bioarchaeology*. Cambridge.

Corchón, S. (1982), «Estructuras de combustión en el Paleolítico», *ZEPHYRUS* 34-35.

Delano Smith, C. (1972) «Late neolithic settlement, land use and garrigue in the Montpellier region». *Man* 7 (397-407).

Flannery, K. (1972), *The origins of the village as a settlement type in Mesoamerica and the Near East: a comparative study*.

Flores, C. (1973), *Arquitectura popular española*. 5 vol. Madrid.

Flores, C. (1979), *La España popular: raices de una arquitectura vernácula*. Madrid.

Guidoni, E. (1977), *Arquitectura primitiva*. Madrid.

Givoni, B. (1969), *Man, climate and architecture*. Nueva York.

Hutchinson, R. W. (1950), «Prehistoric Town Planning in Crete». *Town Planning Review* XXI. Liverpool.

Hutchinson, R. W. (1952), «Prehistoric Town Planning in the around the Aegean». *Town Planning Review* XXIII. Liverpool.

Jeanneret, Ch. E. Le Corbusier (1926), *Vers une architecture*. Paris.

Leroi-Gourhan, A. y M. Brezillon (1966), «L'habitation magdalenienne no.1 de Pincevent près monterean», *GALLIA PREHISTOIRE* s.7.

Leroi-Gourhan, A. (1976), *L'habitat an paleolithique superieur*. Niza.

Llanos, A. (1974), «Urbanismo y arquitectura en poblados alaveses de la Edad del Hierro» *Estudios de Arqueología Alavesa*, 6 (101-146).

Lloyd, S. (1989), *Arquitectura de los orígenes*. Madrid.

Martínez Feduchi, L. (1984), *Itinerarios de arquitectura popular española*. Madrid.

Oliveira Jorge, S. (1988), *O povoado da Bouça do Frade (Baiâo) no quadro do Bronze Final do Norte de Portugal*. Porto.

Oliver, P. (1969), *Shelter and society*. Londres.

Oliver, P. (1971), *Shelter in Africa*. Nueva York.

Oliver, P. (1977), *Shelter, sign and symbol*. Nueva York.

Pendlebury, J. D. S. (1980) *Introducción a la arqueología de Creta*. México.

Rapoport, A. (1969), *House form and culture*. Nueva Jersey.

Rapoport, A. (1978), *Aspectos humanos de la forma urbana. Hacia una confrontación de las ciencias sociales con el diseño de la forma urbana*. Barcelona.

Redman, Ch. (1990), *Los orígenes de la civilización*. Barcelona.

Rus, I. y G. Vega (1984), «El yacimiento de Arriaga II: problemas de una definición actual de los suelos de ocupación», *I Jornadas de metodología de investigación prehistórica*. Soria.

Srejovic, D. (1976), *Lepenski Vir*. Londres.

Vela Cossío, F. (1995), *Para una prehistoria de la vivienda*. COMPLUTUM, 6 (257-276). Madrid.

La pervivencia del arbotante como elemento constructivo emblemático en la arquitectura bajoandaluza e hispanoamericana

José María Medianero Hernández

En los últimos treinta años bastante se ha publicado y argumentado entre los especialistas sobre el efectivo carácter funcional del arbotante. Ya es un hecho reconocido que Viollet-le-Duc formuló una hermosa teoría sobre su vital función en la dinámica del organismo arquitectónico gótico de racionalismo irreprochable, pero de comprobación dudosa en muchos casos. En verdad la fijación del arquitecto francés por la ineludible necesidad del arbotante —llegó a afirmar que la Catedral gótica arquetípica surge a partir del domino de este recurso de entibado— resulta hoy por hoy excesiva.

De hecho, parece que los constructores góticos no llegaron a calibrar todas las posibilidades y, al mismo tiempo, riesgos del arbotante debido a que por entonces no se había alcanzado un conocimiento suficiente del cálculo del paralelogramo de fuerzas, no resuelto matemáticamente hasta los años finales del siglo XVI.

Asimismo esa teoría del contrarresto del arbotante no fue siempre su razón de ser primordial, sino que también preocupaba la resistencia al viento y a los agentes atmosféricos de aquellas grandes moles góticas. En fin, sea como fuere, en el fondo este asunto no condiciona el tema de este trabajo sino que sólo lo apoya de manera marginal. Lo importante es la licitud de la afirmación de que mientras que en los edificios del gótico inicial y del llamado «clásico» el arbotante al menos se concibe como elemento funcional, en las construcciones tardías, en cambio, este «apuntalamiento» tectónico pasa a tener mejor una explicación de continuidad respecto a la tradición de edificios anteriores y, en bastantes casos, una justificación emblemática no exenta de afanes decorativos.

La pervivencia del arbotante en Andalucía occidental

Así, por ejemplo, en la Catedral de Sevilla, dada la igualdad de altura en las naves laterales, algunos autores explican las articulaciones de arbotantes como una aparición recurrente cuya utilidad se limita a facilitar la canalización de las aguas de lluvia hacia las gárgolas. Prueba de esta falta de efectividad pudiera ser el estado inconcluso de los arbotantes que se situarían por encima de las portadas de los Palos y las Campanillas en la cabecera de la Catedral hispalense, que quedaron sin montar a la espera de la terminación del ábside catedralicio y definitivamente se suprimieron cuando se construyó la Capilla Real en un estilo y concepción completamente distintos a los postulados medievales (figura 1).

Por supuesto, los grandes templos del antiguo Reino de Sevilla que toman como modelo la «Magna Hispalensis», a fines del siglo XV y ya en la centuria siguiente, repiten esta disposición e incluso extreman la falta de funcionalidad real del arbotante, ahora como un auténtico recurso emblemático de prestigio que manifiesta la pretendida calidad majestuosa de estos edificios eclesiásticos con «aspiraciones» cate-

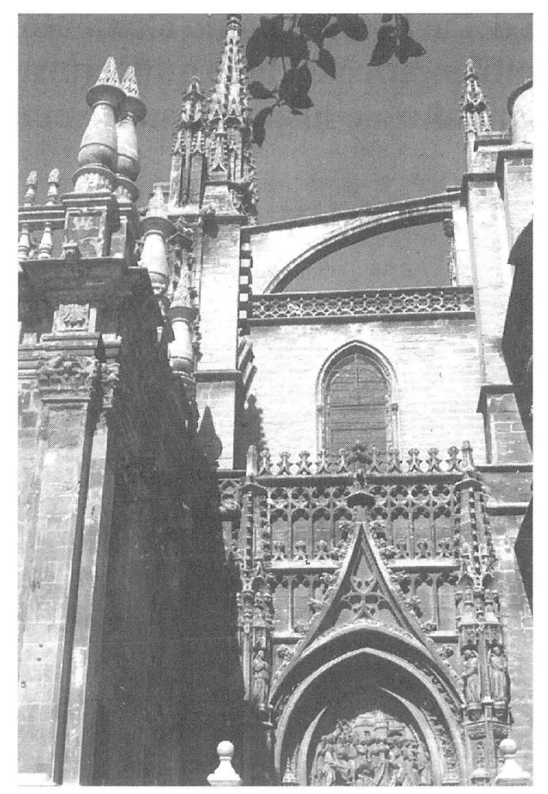


Figura 1
Arranque del arbotante inacabado sobre la Puerta de las Campanillas de la Catedral de Sevilla. (foto autor)

dralicias. Incluso cabe pensar que se sitúan con un criterio de complementación externa de flagrantes visos decorativos en cuanto a los presupuestos estéticos de planificación en lo concerciente al conjunto de la obra. De esta manera, por citar sólo unos ejemplos representativos, los templos de Santiago y San Miguel en Jerez de la Frontera (Cádiz) y Sta. María de Carmona (Sevilla). Por otra parte, el arbotante trasciende a veces de los propios edificios tardomedievales y se integra en el trazado urbano gestando los evocadores «arquillos», como puede comprobarse en el casco antiguo de Arcos de la Frontera (Cádiz).

Significativa resulta, ya dentro de una época y estilo distinto, la traza externa de la Sacristía Mayor de la Catedral de Sevilla, construcción proyectada en 1528 por Diego de Riaño y finalizada en 1543 por Martín de Gaínza. Se plantea todo un escalonamiento innecesario de pedestalillos con flameros y entre ellos frágiles arbotantes, estructura que por su traza recuerda la galanura de un cimborrio del que, por cierto, carece exteriormente la Catedral de Sevilla. Puede aseverarse que se asegura una auténtica solución de continuidad con el bosque de arcos rampantes catedralicios a base de unos arbotantes finos y curvados de papel eminentemente decorativo y conciliador con la antigua arquitectura medieval (figura 2).

La postura se patentiza de manera certera en edificios comenzados ya en pleno siglo XVII y con planteamientos estilísticos manifiestamente diferentes. El templo del Divino Salvador de Sevilla, de complejo proceso constructivo rematado por el gran arquitecto Leonardo de Figueroa, presenta sobre su robusto imafronte dos arbotantes, justo detras de los dos segmentos avolutados de encuadre del cuerpo central que corona la fachada. El papel compositivo general no se desvela afortunado dada su posición de retranqueo respecto a los mencionados aditamentos laterales terminados en volutas y su única funcionalidad parece establecerse en la misión de conducción de la vertida de aguas. Desde luego este problema nimio se hubiese podido resolver de otra manera más simple. Quizás la explicación más plausible sea la recurrencia a un motivo emblemático de un templo Colegial con aspiraciones catedralicias, ansias y pretensiones que trascienden arquitectónicamente al empaque y prestancia del edificio (figura 3).

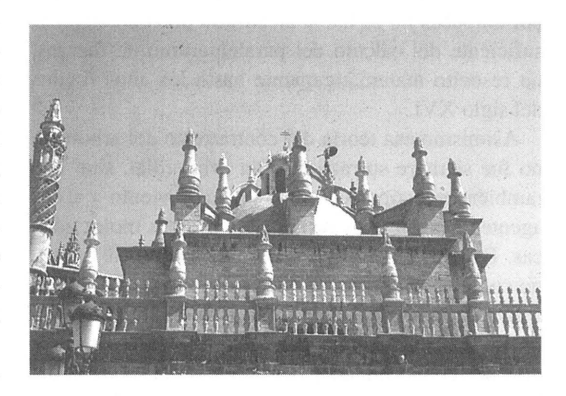


Figura 2
Detalle externo de la cúpula de la Sacristía Mayor de la Catedral de Sevilla (foto autor)

En este sentido el ejemplo más representativo en la zona que nos interesa es la antigua Colegiata de Jerez de la Frontera que, efectivamente, con el paso de los años, consiguió ser Catedral. Las vicisitudes de esta obra son variadas y prolija su relación; baste decir aquí que no se llegó a terminar sino hasta más allá de la mediación del siglo XVIII. El escalonamiento de sus cinco naves se remarca con arbotantes que por su traza recuerdan a los de la Catedral de Sevilla y se relacionan también con los de la Colegiata del Salvador hispalense, templo con el que el jerezano mantiene vínculos estructurales evidentes. Decir que la presencia de estos arbotantes se justifica como un recurso arcaizante para salvar la diferencia de altura entre las naves es, sin duda, una explicación fácil para evitar mayores disquisiciones. Sobre la colina en que está emplazada la Colegial de Jerez, tras la efectista escalera barroca, el edificio expone una auténtica ostentación de arbotantes, como si de una recreación de catedral de otros tiempos se tratase. En una ciudad donde existían ya parroquias del porte de Santiago o San Miguel, de magnificiencia gótica con sus arbotantes exteriores, la iglesia Colegial, la que iba a ser la mayor de la población, debía reunir los elementos constructivos necesarios para sobrepasar en importancia arquitectónica a todas las demás.

El arbotante, como elemento emblemático catedralicio, no podía faltar y, ciertamente, en la monumental iglesia jerezana juegan un papel de primer orden (figura 4).

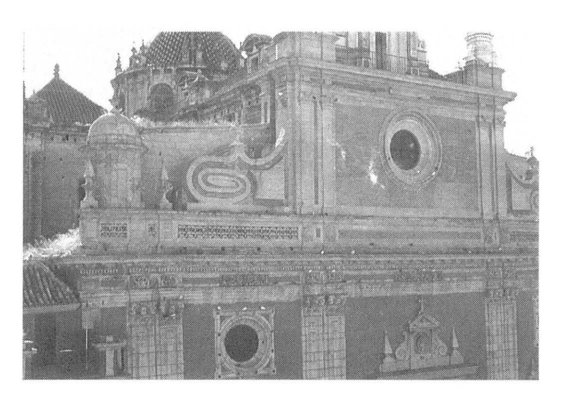


Figura 3
Detalle lateral de uno de los arbotantes de la Iglesia del Salvador de Sevilla. (foto autor)



Figura 4
Fachada de la Catedral de Jerez de la Frontera (Cádiz). (foto autor)

Prueba de que el arbotante formaba parte de la «iconografía ideal» de un gran templo, de iglesias con ambiciones reales o figuradas de catedral, es que en reformas u obras llevadas a cabo ya en pleno dominio renacentista o barroco de edificios medievales con las características expuestas se siguieran respetando los arbotantes e incluso se reconstruyeran conforme a la traza primitiva. El caso de la Iglesia Prioral del Puerto de Sta. María (Cádiz) es buen ejemplo de ello; se trata de un templo dentro de la órbita imitativa de la Catedral de Sevilla, hasta sabemos que Alonso Rodríguez, el que fuera el constructor del fallido cimborrio de la Catedral hispalense, trabajó en él. Pues bien, el destino de gran parte de la nave mayor fue similar: en 1636 se hundió. Y en las obras de reconstrucción de mediados del siglo XVII, dirigidas por Martín Calafate, se volvieron a voltear los arbotantes que siguen dotando de un aspecto catedralicio a esta notable iglesia (figura 5).

La pervivencia del arbotante en Hispanoamérica

Esta continuidad del arbotante se «exportó», como tantas otras características arquitectónicas, a Hispanoamérica, donde encontró su expresión más radicalizada. La Catedral de México, emparentada con la de Sevilla más como émula cultural que por similitudes tipológicas, presenta unos tímidos arbotantes que el cambio del proyecto inicial de Claudio de Arciniega a comienzos del siglo XVII, colocando la nave

central más alta que las laterales, justifica sólo en parte.

Asimismo en la Catedral de Puebla, la modificación del proyecto de Francisco Becerra en 1635 con la elevación de la nave central provocó la colocación de arbotantes, éstos más acusados y «más decorativos» que en México capital, con un diseño de raigambre manierista debido a sus volutas terminales que recuerda, incluso, los encuadres laterales del primer tramo de la escalera de la Biblioteca Laurenciana de Miguel Angel.

La tónica continuó, acentuándose en su falta de funcionalidad tectónica, en las catedrales terminadas ya en el siglo XVIII, como las de Morelia y Chihuahua. Y no sólo en catedrales: también templos de gran desarrollo y desveladoras pretensiones dispusieron sus arbotantes; así, por ejemplo, en la iglesia de Sto. Domingo de México, de mediados de la centuria antes señalada, se ven unos arbotantes que son imitación de los de la Catedral metropolitana. El fenómeno no se reduce al territorio mexicano: la Catedral dieciochesca de Santiago de Cuba se proyectó con arbotantes, como demuestra un dibujo conservado en el Archivo de Indias hispalense.

Esto no quiere decir que no encontremos arbotantes de verdadero carácter funcional en el contrarresto de empujes de los edificios; no se pretende caer en maximalismos. Evidentemente el temor a los terremotos, tan frecuentes en numerosas regiones americanas, propiciaron en los proyectos el uso de los arbotantes como efectivos recursos de apoyo y refuerzo. Son abundantes los testimonios que pueden aducirse: así en la iglesia de San Fernando de México o de manera más rotunda en la iglesia del Convento de Chimalhuacán, potentes y exentos al exterior en su apoyo directo a tierra; y qué decir de los de la ya decimonónica Capilla del barrio de Tetela en Libres, también en México, auténtica expresión de «brutalismo» arquitectónico. Asimismo, en algunas construcciones de la región andina, por el temor a los frecuentes seismos, se colocan sólidos arbotantes de refuerzo, como en la iglesia de Sta. Lucía de Ferreñafe (Perú).

Admitiendo esta realidad, se intenta demostrar que también en Hispanoamérica hubo una pervivencia del arbotante en muchos casos no meramente justificada por razones de estribado efectivo sino como recurso válido de tipo emblemático para ensalzar la prestancia de ciertos edificios y con intenciones claramente decorativas.Incluso podría esgrimirse una continuidad en un modelo hispalense ya señalado en el uso emblemático del arbotante: la fisonomía externa de la cúpula de la Sacristía Mayor. La cúpula del cimborrio de la Catedral de Mérida, terminada en los últimos años del siglo XVI, es el primer jalón en la serie que parte del ejemplo sevillano. La traza externa de la cúpula de la Catedral de Puebla, planteada por el sacerdote y pintor Mosén Pedro García Ferrer a mediados del siglo XVII, sería la continuadora de esta derivación. La cúpula de la iglesia de la Compañía de esta misma ciudad sería una transformación



Figura 5
Vista de la Prioral del Puerto de Sta. María (Cádiz) (foto autor)

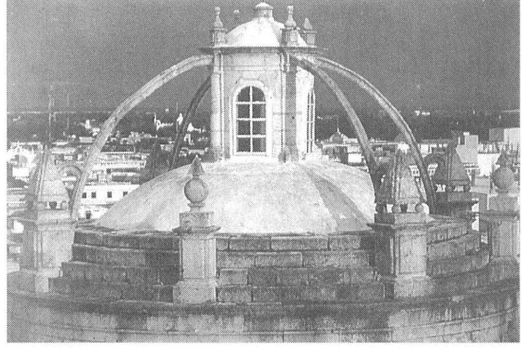


Figura 6
Detalle de la coronaciónde la cúpula de la Catedral de Mérida. (México) (foto archivo)

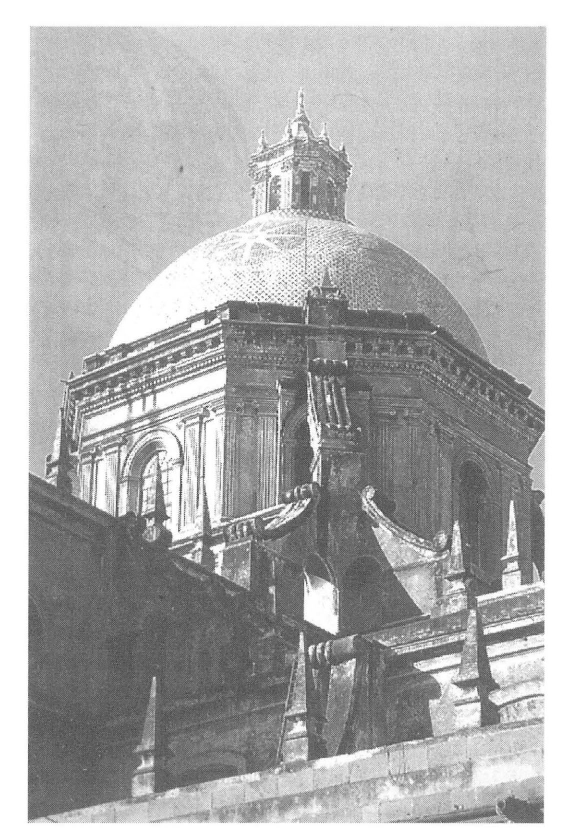


Figura 7
Perspectiva de la cúpula de la Catedral de Puebla. (México) (foto archivo)

ona, procedentes de Saltillo y Chihuahua, donde también hallábamos arbotantes.

Otra variante puede encontrarse en las fuentes monumentales, en alguna de las cuales el arbotante se ofrece francamente como elemento más decorativo que funcional. En efecto, muchas de las fuentes realizadas en México durante el siglo XVI poseen un espíritu gótico indudable. Quizás la más espectacular sea la de Chiapa de Corzo, construida a mediados del siglo por Fray Rodrigo de León. El considerable empuje de la notable bóveda de planta octogonal es contrarrestado por ocho arbotantes que apean en sus correspondientes contrafuertes con sus pináculos. Como ya dijo D. Diego Angulo este planteamiento gótico y su construcción latericia remiten claramente a la gótico-mudéjar fuente del claustro del Monasterio de Guadalupe. Pero si aquí los contrafuertes efectivamente cumplen una función real de contrarresto no puede decirse lo mismo de la esencialmente ornamental fuente de Texcoco, basada en el vuelo de arbotantes muy rebajados que parten de una columna central. La progenie de estos elementos es goticista, pero la composición y enlace es de concepción barroca, no debiéndose olvidar que esta fuente se rehizo en pleno siglo XVIII (figura 9).

Sin embargo, la confirmación definitiva de lo expuesto hasta aquí viene dada por los espectaculares arbotantes terminados en volutas, de mediados del siglo XVIII, de la iglesia conventual de Sta. Rosa de Querétaro (México). Bien es verdad que en principio

barroca, con sus arbotantes mixtilíneos, de la catedralicia. Las cúpulas de la Iglesia Mayor, Sto. Domingo y la Pastora en Veracruz, la extensión hacia la costa de este modelo poblano. Y la cúpula de tambor octogonal de la Catedral de Saltillo, obra ya tardía de la segunda mitad del siglo XVIII, se constituiría en el epílogo de este desarrollo (figuras 6, 7 y 8).

En América se ensayan nuevas formulaciones arquitectónicas de este uso decorativo del arbotante, por ejemplo como recurso de exorno en el alzado de torres salvando y articulando la transición en vertical entre los distintos cuerpos, adquiriendo un amensulamiento propio de la estética barroca. Buenos ejemplos dieciochescos los tenemos en las iglesias de San Javier de Bac (Arizona) y Caborca (Pimería Alta, México), ambas posiblemente de los hermanos Ga-

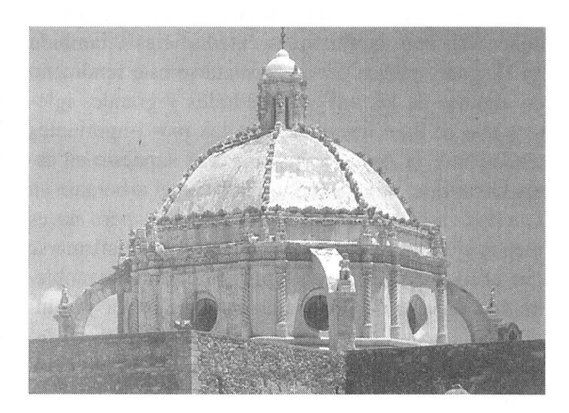


Figura 8
Vista exterior de la cúpula de la Catedral de Saltillo (México). (foto archivo)

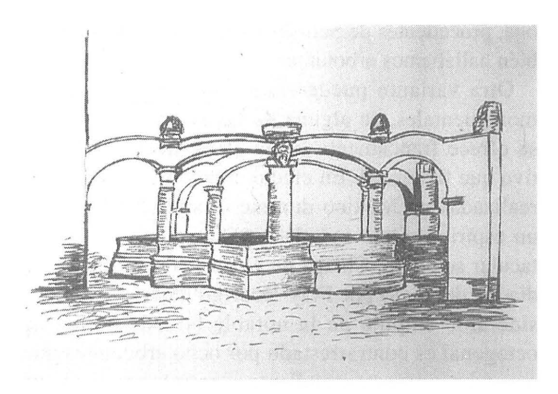


Figura 9
Fuente de Texcoco (México) (Dibujo del autor).

se colocaron para reforzar la estructura de la nave, aunque observando el volumen de sus enormes y gruesas tarjas avolutadas sólo puede pensarse en delirios ornamentales barrocos. El franciscano Padre Morfi al contemplarlos en 1771 escribió en su diario: «Esta fábrica sólo tiene de particular unos estribos o arbotantes de singular construcción, pues en lugar de sostener el templo, que fué la intención del artífice, son ellos los sostenidos» (figura 10).



Figura 10
Exterior de Sta. Rosa de Querétaro (México) (dibujo.autor)

Conclusiones

Se ha argumentado la tesis de que así como en Andalucía Occidental puede comprobarse una línea de persistencia del arbotante en ciertos edificios que se concebían con «ambiciones catedralicias», también en Hispanoamérica puede constatarse este fenómeno en algunas de las nuevas catedrales y grandes iglesias que se iban levantando en las más importantes ciudades de la América hispana. Por supuesto en estos territorios, proclives a terremotos, el arbotante en muchos casos se adoptó como refuerzo, pero no es menos cierto que, al mismo tiempo, puede afirmarse una utilización de este arco por tranquil como emblemático recurso de prestancia arquitectónica y solución ornamental en creaciones que, en muchos casos, extreman y radicalizan los postulados de origen bajoandaluces.

Bibliografía fundamental utilizada

Angulo Iñiguez, D. *Historia del Arte Hispanoamericano*. Barcelona, 1945-55 3 Vols.

Castro Villalba, A. *Historia de la construcción arquitectónica* Barcelona, 1995.

Falcón Marquez, T. *La Catedral de Sevilla. Estudio Arquitectónico*. Sevilla, 1980.

Falcón Marquez, T. «Un edificio gótico fuera de época. La Prioral del Puerto de Sta. María» en *Laboratorio de Arte* n.º 5 Sevilla, 1992. Págs. 205-222.

Fitchen, J., *The construction of gothic cathedrals* Oxford, 1962.

Gutierrez, R., *Arquitectura y Urbanismo en Hispanoamérica*. Madrid, 1983.

Heyman, J., *Teoría, historia y restauración de Estructuras de Fábrica*. Madrid, 1995.

Marco Dorta, E. *Arte en América y Filipinas*. Madrid, 1973.

Mark, R., *Experiments in Gothic structure.* Cambridge, 1982.

Mendoza, F., «Proyecto de restauración de la Iglesia Colegial de El Salvador (Primera Fase)» Sevilla, 1989.

Morales, A., J. *La Sacristia Mayor de la Catedral de Sevilla.* Sevilla, 1984.

Repetto Betes, J.L., *La obra del templo de la Colegial de Jerez de la Frontera.* Cádiz, 1978.

Viollet-Le-Duc, E. *Dictionnaire raisonné de l'Architecture Française du XIe au XVIe siècle* París, 1858-68 10 Vols.

Wethey, H. E. *Colonial Architecture and sculpture in Peru.* Harvard, 1949.

VV.AA. *Catalogo de la Mostra Barocco Latino Americano.* Roma, 1980.

VV.AA. *Catedrales de México,* México, 1993.

Los materiales de construcción y el cambio estético: sobre la estética del hierro y el cemento

Angela Molada Gómez

El empleo de nuevos materiales, especialmente en lo que se refiere a *cementos y metales,* va a llevar asociado un cambio en la estética constructiva desde la II mitad del siglo XIX. Existe una gran preocupación entre los profesionales de la construcción sobre el empleo de nuevos materiales y sistemas de construcción y las formas artísticas que estos adoptan o deben adoptar, la estética tradicional asociada a la piedra y a otros materiales no sirve ahora. La sentencia de que todo nuevo material pide un nuevo estilo, es una de las más difundidas y defendidas en este momento, pero en la realidad, es frecuente recurrir a la estética tradicional de la piedra y el ladrillo, para aplicarla a los nuevos materiales adaptando sus proporciones, a las dimensiones y condiciones de resistencia que imponen estos.

Desde la segunda mitad del siglo XIX, son cada vez más abundantes los escritos y discursos que demuestran una intensa preocupación por la cuestión estética. Ésta basculará entre las cualidades de los nuevos materiales y sistemas de construcción y las distintas necesidades, surgidas por el futuro uso del edificio o por su destinatario.[1] Junto a la nueva generación de tipologías arquitectónicas; fábricas, estaciones, mercados pabellones de exposiciones etc., convive la vivienda tradicional de clase media y alta, en un estado de adaptación a las nuevas necesidades. La construcción de estas tipologías aglutina dos conceptos, el tradicional y el moderno, la necesidad de una rápida y fácil ejecución y el sentido de lo bello y de lo artístico, al que se concedió una importancia sobresaliente en la época.

La vivienda privada empieza a incorporar desde las últimas décadas del XIX, algunas de las propuestas que ya forman parte del código de la arquitectura industrial, desde la segunda mitad de siglo. La aplicación de algunas de estas propuestas por la arquitectura doméstica, supondrá la asimilación de los nuevos materiales y sistemas de construcción, pero apostando por un diseño formal inspirado en el academicismo, en el pasado y en otros estilos arquitectónicos. La asimilación de los nuevos materiales se hace bajo presupuestos que continúan las formas y diseños de los tradicionales, mientras que la arquitectura privada está sujeta a factores de amplio espectro, históricos, económicos, sociales, estéticos, etc., los criterios a los que deben someterse las nuevas tipologías de edificios no llegan a dificultar el aspecto eminentemente funcional que deben observar éstas y para el cual fueron concebidas.

Los recubrimientos o la estética del material con el que se trabaja

Sobre la cuestión estética de los nuevos materiales, podemos distinguir en la época dos posturas; la de los que utilizaran la estética de la piedra aplicada a nuevos materiales como el hierro y, la de los que defienden la propia estética del material con el que se trabaja sin necesidad de recubrir o simular los materiales utilizados. Así mientras que un gran número de profesionales apostaron por cubrir y ocultar la

parte constructiva bajo los adornos de la decoración ya fuera con materiales «nobles» como el mármol, jaspe o los sillares de piedra, o con los «no nobles» como el ladrillo, los estucos y escayolas; otros iniciaron una atrevida línea al mostrar los materiales empleados.

Entre las cuestiones consideradas en el VI Congreso de Arquitectos de Madrid,[2] no sólo estuvo presente la polémica idea de la «honestidad de los materiales», sino que se barajaron otros conceptos como la «honestidad ornamental», que no fuera el ornamento el que falseara y ocultase la estructura y el material utilizado en la construcción, y un tercero, la «honestidad en la estructura», en estrecha relación con los otros dos, y que solicitaba la no simulación de una estructura que estuviese lejos de ser la que el edificio realmente tenía. Algunas de las ideas expuestas, en el Congreso fueron:

– Las formas decorativas deben hacer valer el material y la estructura de la obra, o dicho de otra forma que las formas decorativas no oculten ni falseen las cualidades del material, y que se busque la honestidad en la estructura.

– La belleza o la consecución de formas decorativas bellas en arquitectura se obtienen adoptando las propiedades del material dado a su destino.

– La génesis de un estilo supone un planteamiento constructivo diferente y un destino nuevo.

Aunque gran parte de los profesionales de la época recurrieron en algún momento y por razones obvias, a las técnicas de revestimiento, que proliferaron en este momento en gran cantidad y posibilidades, se levantaron también numerosos detractores que denunciaron el exceso que se cometía con estas técnicas que ocultaban los materiales y el sistema de construcción empleados. En este sentido una clara y bastante atrevida manifestación en favor de la honestidad en el uso de los materiales la hizo P. Sanz Barrera, en su artículo «El gusto en arquitectura». Interesante, no sólo por la lista que recoge de los materiales y elementos arquitectónicos más susceptibles de sufrir la simulación y la falsificación; columnas, pilastras, ménsulas, frontones etc.. o porque denunciara abiertamente lo ficticio en la construcción, sino porque además da una idea bastante aproximada de cómo estaba la situación respecto a este tema.

En la mayor parte de las construcciones que observamos, se mistifica el valor real de las cosas que se quieren representar; la ficción es la que impera. Se simula la piedra con enlucidos de yeso y cemento; las columnas y pilastras que parecen soportar algún peso, son revestimientos o aplicaciones de mármol o estuco; esos techos magníficamente decorados en talla y oro, son suspendidos de la techumbre soportando ésta un peso inútil; aquel frontón sobre el cual cabalga panzuda cúpula, está en completo desacuerdo con los razonados principios de la arquitectura griega y romana; las ménsulas de los balcones u otros cuerpos volados que tanto abundan, en lugar de sostener la repisa, son suspendidas por ésta; más allá dinteles de longitudes enormes y espesores imposibles, deberían quebrarse en son de protesta por no poder soportar, en la realidad, los macizos que se les carga; aquel hueco inmenso por su magnitud que rasga gran parte de los muros de fachada o interiores, lo mismo franquea la luz a una pieza espaciosa que a otra de reducidas dimensiones que es o no contigua a ella.[3]

Entre los profesionales que se pronunciaron a favor de la defensa de la honestidad de los materiales, se encuentra la significativa figura de Félix Cardellach ingeniero y arquitecto,[4] que en una de sus obras *Las formas artísticas en la Arquitectura Técnica* hace referencia a la denominada «ley de la materia». Aunque el capítulo en el que se cita, dicha ley «Teoría General de la Estética técnica»,[5] resulta ser en su conjunto sumamente interesante en esta cuestión, hay una idea que merece ser destacada, la que hace referencia a la fuerte influencia que ejerce la naturaleza de los materiales en la forma, proporciones y tratamiento decorativo y ornamental de la obra. Como señala el propio autor; «la decoración de toda obra se supedita al material con que está construida», de lo que se desprende que toda construcción debe resultar artística si es tratada según las cualidades del material con el que se trabaja y con arreglo a la forma en que éste actúa en la construcción.

En un segundo término, y siempre en un rango inferior a la anterior el autor propone la solución inversa de la cuestión estética, es decir, supeditar la materia de la obra a las formas decorativas que esta deba tener, lo que significa que los materiales se determinarían después de la proyección de la obra. Esta perspectiva, sin embargo, parece resultar más próxima a la realidad de la vivienda privada de clase media en los primeros años del siglo XX. Esta, como he podido constatar en el caso de la vivienda valenciana se realiza dentro de un modelo preestablecido, dando lugar a una tipología de edificio que no solo contempla el

presente esquema formal; basamento, cuerpo y coronamiento, sino que se caracteriza por el empleo de unos materiales determinados y por la adopción de una serie de elementos arquitectónicos y líneas que definen la composición y articulación de su fachada.

Si bien es cierto que entre las últimas décadas del siglo XIX y los primeros años del XX, la adopción de los nuevos materiales de construcción en la vivienda privada se hace más patente, también lo es que estos se limitan en un primer momento a imitar, simular o a parecerse a aquellos materiales tradicionales más acordes con las formas empleadas, como la piedra y el ladrillo. La indiscutible aportación, de estos nuevos materiales y una de sus más valiosas características reside entre otras cosas, precisamente en su indefinición, lo que hará posible la adopción de cualquier otra forma, siendo esta carencia de formas propias lo que facilita su asimilación en la vivienda privada de clase media, sustituyendo progresivamente a los materiales tradicionales como la piedra, el ladrillo y la madera.

Esta aparente incapacidad de identificación con un estilo formal propio hizo posible su empleo bajo diseños y estilos que tradicionalmente venían empleando otros materiales, así la piedra seguirá utilizándose en los zócalos y paramentos pero estos serán de piedra artificial y cada vez serán más frecuentes las técnicas de revestimientos, los revocos de cemento y cal hidráulica, los estucos y enlucidos, que no harán más que imitar en apariencia todas las cualidades de la piedra y el ladrillo.

SOBRE LA ESTÉTICA DEL HIERRO Y DEL CEMENTO

Entre los diferentes materiales que recibirán el calificativo de nuevos o modernos, serán el hierro y el cemento los que desaten grandes controversias. Ambos contribuirán a la creación de un estilo arquitectónico y progresivamente las posibilidades y ventajas que aporta su uso en la construcción desembocarán en un estilo propio; primero en una determinada tipología de edificios rompiendo algunos de los parámetros estéticos de la época, luego extendiéndose al resto de viviendas y construcciones privadas.

La arquitectura metálica

En el estudio de la estética de la arquitectura metálica de la época resulta conveniente conocer las ideas de Félix Cardellach, expuestas en su obra *Las formas artísticas en la arquitectura técnica*.[6] El autor señala varias clases de estética dentro de la arquitectura metálica: la constructiva o de las grandes líneas compositivas; la estética decorativa, que brota de la estructura y la adorna; y una tercera, la de la técnica decorativa del hierro colado. De ellas dice que si las dos primeras se refieren a la calderería, laminación y forja, la última lo hace exclusivamente de la fundición. De las tres clases de estéticas que señala este autor nos interesan por su aplicación en la vivienda privada las dos últimas, ya que *la estética constructiva del metal* apenas alcanza protagonismo en la arquitectura privada, ya que la incorporaración del hierro en la estructura del edificio no manifiesta sus cualidades estéticas al exterior, y lo que hace es sustituir a materiales que se venían utilizando como la madera, ganando en solidez y resistencia.

La estética decorativa del metal

En este grupo, el autor incluye la decoración metálica del hierro y del acero, la calderería. Algunos de los elementos que fueron empleados en la arquitectura metálica, se aplicaran con el tiempoo en la vivienda privada manteniendo su tratamiento ornamental. Es el caso de los hierros perfilados por laminación y los palastros o planchas. Aunque se pueden encontrar ejemplos en la arquitectura privada en la última década del XIX, será a principios de siglo cuando se convertirá en algo habitual comenzando por unas formas muy sencillas que irán progresivamente complicándose.

Algunos de estos tratamientos decorativos que recoge Cardellach en su libro son frecuentes en las viviendas valencianas de la zona de Ensanche de 1884. Así, se pueden apreciar numerosas muestras del tratamiento helicoidal o por retorcido, de especial aplicación en la cerrajería artística, en pasamanos y cuadradillos que resuelven rejas y antepechos, como sucede en el número 27 de la Gran Vía Marqués del Turia de Valencia; el tratamiento de los hierros perfilados por deformación de sus aletas; «brazo de pulpo», rizado por entalladuras, encrespado, el simple arqueado de los hierros perfilados y algunas de las formas con las que resolvía el palastro, como el calado o perforado.[7]

Otro tratamiento decorativo, es el de adjunción de adornos en el que se incluirían diversos recursos y

elementos de fácil aplicación como los tornillos, remaches y los denominados florones de plancha estampillada que resultan muy frecuentes en combinación con la forja, como se encuentran en el número 27 de la calle Cirilo Amorós, o la aplicación de planchas molduradas o chapas a antepechos de forja como en número 11 de la calle Sorní, o en 23 de Felix Pizcueta de Valencia.

Durante mucho tiempo la forja ocupó un capítulo importante en la historia de la edificación, especialmente por su valor ornamental; sin embargo desde la segunda mitad del XIX comenzó a ser sustituido por otras técnicas como la fundición y el hierro laminado, más baratas y que permitían una mayor rapidez y disponibilidad.[8] Las cualidades de la fundición fueron los inconvenientes que presentaba la forja ante el fervor constructivo que se produjo a principios de XX. Su realización implicaba el encargo *ex profeso*, era más lenta y por supuesto más cara como contrapunto; la forja ofrecía la unicidad del objeto artesanal. Sin embargo, ambas, forja y fundición, llegaron en la realidad a compartir un repertorio ornamental muy similar en el que se encontraban los mismos elementos; rejas, antepechos de balcones y ventanas, frisos, tribunas y miradores, etc., por lo que no resulta nada extraño encontrar en el mismo edificio elementos como cubrepersianas y balaustres de fundición con detalles de forja en el coronamiento, como en número 22 de la calle Felix Pizcueta del Ensanche valenciano. Esta utilización de varias técnicas llega incluso a que se den varias en un mismo elemento ornamental, hierro batido y hierro colado, y en ocasiones hierro laminado, según las diferentes partes del mismo, las traviesas, los asientos o agarres, cenefas, piezas centrales, remaches, que suponía la presencia de un herrero o profesional encargado del ensamblaje y montaje para la colocación final de las piezas en la obra.

En el caso de las piezas de forja de antepechos de balcones y ventanas estas suponían un mayor coste cuanto mayor era su complejidad y elaboración; ya que entre otras cosas la forja requería con frecuencia, la presencia de clavijas, remaches pasadores, o abrazaderas para la unión de las distintas piezas, que podían ser de otros materiales como el plomo o zinc. En la fundición el aumento de complejidad en su diseño suponía también un aumento de ensambladuras, pero éstas se integraban en el mismo proceso de fabricación.

La técnica decorativa en la fundición

Un capítulo aparte merece para Félix Cardellach la técnica decorativa de la fundición. Entre las ideas que este autor destaca, esta la de ser por un lado introductora de la arquitectura metálica y por otro tener una analogía de resistencia mecánica con la piedra, de ahí su facilidad para adoptar formas artísticas inspiradas en ésta y su aplicación cada vez mayor en la arquitectura privada. Gran número de piezas y elementos ornamentales realizados en piedra fueron sustituidos directamente por elementos de fundición, más idóneos por sus condiciones de resistencia y solidez, como es el caso de los guarda-ruedas, balaustres y columnas, y lo mismo sucedió con otros materiales como la madera, en otros elementos como los cubrepersianas, de los que encontramos abundantes ejemplos en la zona citada del Ensanche valenciano.

Las piezas producidas por la *técnica de moldeo* estaban sujetas a una pautas impuestas por su proceso elaboración como el estar exentas de aristas vivas y el evitar los pequeños detalles o salientes en favor de las masas compactas y de conjunto, además la propia técnica de elaboración de la fundición, afectaba de modo directo al sistema decorativo de la misma, ya que con frecuencia se recurría a la repetición de las formas más simples como recurso decorativo. Naturalmente el mismo proceso de fabricación facilitaba el aumentar el número de piezas de modo indefinido, lo que proporcionaba un método idóneo para la decoración del edificio, especialmente para los elementos destinados a las fachada que debían repetirse varias veces como sucedía con las rejas, cubrepersianas, antepechos, cornisas, ménsulas, piezas para coronamientos etc. Mediante su repetición se creaban una serie de ritmos, que contribuían a definir las líneas compositivas de la fachada, produciendo al final conjuntos muy aceptables y económicos.

De aquí se deriva también que el proyectista disponía de multitud repertorios para elegir y que además, de alguna manera, el proceso que llevaba a la decoración y ornamentación de la fachada de una vivienda de clase media no empezaba aquí, sino en la fábrica, en el taller y en el dibujo del artista que lo concebía y diseñaba. Lógicamente esto no ocurría con otras técnicas, como la forja, en la que el arquitecto podía optar por hacer el diseño, y luego éste se ejecutaba por el profesional, llegando a resultan una pieza única.

La aplicación de la fundición en el edificio llegó tener casi de forma absoluta un carácter ornamental, aunque también se utilizó para reforzar los muros y paredes, de sillería o ladrillo y en combinación con el hierro dulce y la plancha para componer armaduras, estructuras, o ir asociado a construcciones de calderería aplicándose como escudos, zócalos de columnas y otros adornos.

La arquitectura del cemento: Una estética por definir

Los primeros años del siglo XX fueron para el nuevo material por lo menos polémicos pues se levantaron voces de protesta que iban; desde los que no consideraban su uso, los menos, los que lo aceptaban en determinadas tipologías industriales y los que apreciaban sus condiciones de adaptabilidad, economía y resistencia pero no por ello dejaban de encontrarlo antiestético y mostraban su duda a que alguna vez dejara de serlo. Finalmente, estaban los que como los anteriores pensaban, sin embargo, que era posible encontrar la forma que le correspondiera, y que esta era el punto de partida para el nuevo estilo que estaban buscando.

El empleo de un material de construcción, como el cemento, llevó a la necesidad de hallar unas formas artísticas, tanto de conjunto, como de detalle, y de una estructura global adecuada a éste. En un primer momento la forma artística del cemento se buscó por simulación de elementos de las construcciones y artes tradicionales, recogiendo gran número de formas y detalles de materiales como la piedra, el mármol, el hierro y la madera entre otros.. En el caso del cemento armado, su doble naturaleza, produjo composiciones que adquirieron en ocasiones las formas de la arquitectura metálica o las de la arquitectura pétrea. Esta tendencia a la adopción de formas que no son propias, afecta al cemento y sus derivados como las piedras artificiales, que se emplearán en la arquitectura privada en sustitución de materiales como la piedra y el ladrillo, imitando sus formas y aumentando el número de posibilidades ornamentales. Frente a estas, ofrecen una serie de ventajas destacadas, el procedimiento de elaboración, por moldeo, resulta más económico que la talla además y facilita no solo la rapidez de fabricación, sino la de ejecución en la obra. Sin embargo donde la piedra artificial va a encontrar un amplio campo en la vivienda privada es la realización de trabajos de ornamentación y articulación de superficies que por su diseño requieren una cuidadosa elaboración y que encuentran su mejor aliado en la fabricación mediante molde.

Así irá convivirá en los paramentos con otros materiales como la cal, yesos y estucos, no resultando extraño encontrarlo cada vez con mayor frecuencia en detrimento de los anteriores y lo mismo sucederá con los relieves decorativos de yeso, escayola e incluso piezas de alfarería que requieren por sus características un proceso de ejecución más artesanal y por tanto más lento. En esta línea se encuentran los distintos tipos de enlucidos y estucos señalados por Francisco Mora:

> La casa de Uhr, de sencilla decoración, está enlucida simplemente con mortero de cal hidráulica y arena.
> La casa del señor Ordeig, está estucada con cal hidráulica y polvos de mármol, con esgrafiados en color.
> La casa de Sr. Nogera tiene la fachada revocada con cemento y pintada a la cal, con colores imitando sillares, con sus vetas y tonalidades;
> La casa del señor Suay está pintada con lechada de portland sobre el revoco del ladrillo.
> En dichas fachadas el relieve está ejecutado con portland.[9]

Elementos como molduras, ménsulas, capiteles, columnas, pilastras, escocias, e incluso los complicados diseños de motivos vegetales y animales enmarcan los vanos y constituyen los antepechos se hacen de piedra artificial. Otros elementos como las tribunas y miradores hechos hasta entonces de madera o hierro con un diseño en forma de caja, pasarán a ser de obra, integrados en la fachada y modelados a partir de ésta llegarán a formar el típico ejemplo de tribuna y antepecho de balcón superior tan frecuente en la arquitectura de principios de siglo. Un modelo muy común en el caso del Ensanche valenciano como sucede en el número 13 de la calle Jorge Juan de Valencia, o en el número 58 de la Gran Vía Marqués del Turía.

La elaboración de estas piezas por moldeo llegó a producir lo mismo que ocurrió con la fundición , la repetición de éstas en la fachada, fue una de las cualidades y características más sobresalientes de su aplicación ornamental. Así sucede especialmente con las escocias, fajas, molduras, ménsulas etc. Un fenómeno muy común en las fachadas de estos edificios,

fue la concordancia formal entre las formas decorativas que llega a adquirir el hierro en sus diferentes modalidades y la piedra artificial, que en ocasiones permite localizar los mismos motivos vegetales, animales geométricos o de figuras humanas, cuidadosamente combinados entre sí. Algunos de estos ejemplos los encontramos en el Ensanche valenciano, como en el número 12 de la calle Sorní.

NOTAS

1. Para el debate en torno a la búsqueda de una nueva arquitectura, así como del surgimiento de distintas tipologías de edificios y su relación con los modernos materiales de construcción, es recomendable la lectura del capítulo, «El Ideal arquitectónico y las posibilidades del hierro». Angel Isac, *Eclecticismo y Pensamiento arquitectónico en España. Discursos, revistas, congresos. 1846-1919. Granada, 1987.*
2. «Conclusiones del VI Congreso Internacional de Arquitectos de Madrid». *Arquitectura y Construcción.* Barcelona. 1904. pág. 22.
3. Sanz Barrera, P., «El gusto en arquitectura» *Arquitectura y Construcción.* 1911, págs. 322-327
4. Félix Cardellach (1875-1918), fue arquitecto e ingeniero industrial profesor de la Escuela de Artes y Oficios de Barcelona y catedrático de Esterotomía y de Arquitectura Industrial en la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona. Aunque la obra de este autor se inscribe en el ámbito de la arquitectura industrial consideramos que gran número de los conceptos que maneja son aplicables a la arquitectura de la vivienda privada. Aguilar, I., «Entretiens sobre arquitectura industrial. Conferencias pronunciadas por F. Cardellach en la Universidad de Barcelona. Curso 1907-1908». *Ars Longa Cuadernos de Arte.* Núm. 4. Univ. de Valencia. 1993, pág 23.
5. *Op. cit.* págs. 3-24
6. Cardellach, F., *Las formas artísticas en la arquitectura técnica.* Barcelona, 1916. págs. 160-182. La clasificación de este autor resulta muy adecuada para trabajar este capítulo para analizar la cuestión estética de la arquitectura metálica, desde la propia concepción de la época.
7. Cardellach, F., Op.cit. 160-182
8. Pitarch y Dalmases, N.: *Arte e industria en España. 1774-1907.* Barcelona, 1982. págs. 309-315.
9. Distintos tipos de enlucidos y estucos señalados por Francisco Mora, «Influencia de los materiales en la estructura y estética de las construcciones». 1915. Citado por Benito D., *La arquitectura del eclecticismo en Valencia.* Valencia, 1983. págs. 422.

Las primeras carreteras modernas. El trazado y la construcción de los Caminos Reales en el siglo XVIII

Carlos Nardiz Ortiz

Aunque es conocido el Real Decreto del 10 de Junio de 1761 expedido para hacer «Caminos rectos y sólidos en España», origen de nuestras carreteras modernas, son menos conocidos los Reglamentos e Instrucciones derivados del mismo y los Planos realizados a distintas escalas, tanto de los Caminos Reales como de los puentes, que sirvieron de base a su proyecto y construcción.

Lo que se inicia a mediados del siglo XVIII, con mejor o peor fortuna, es una transformación total de la red viaria partiendo de nuevos trazados, sobre los cuales hemos estado circulando hasta los años sesenta del siglo actual.

El interés que tiene su estudio se relaciona con aspectos técnicos: nos ponen en contacto con las técnicas de trazado y construcción de los caminos y los puentes del siglo XVIII, apoyadas en los tratados teóricos de la época como los de Gautier, Belidor, Muller, etc., con la formación de los ingenieros militares, fundamentalmente de origen extranjero, con la cartografía de la época, a escala urbana y territorial, con las transformaciones territoriales que se han realizado después en torno a los Caminos Reales de nuevo trazado.

Aunque en la ponencia trataré el tema de manera general, una parte de los ejemplos que expondré, se concentrarán en Galicia, por haber sido recogidos en mi libro sobre *El Territorio y los Caminos en Galicia. Planos Históricos de la Red Viaria*. (Colección de Ciencias. Humanidades e Ingeniería del Colegio de Ingenieros de Caminos, C. y P. Nº 46. Madrid 1992), en el que desarrollo con mayor profundidad los temas tratados aquí.

El trazado de los caminos

La traza de los Caminos Reales podemos estudiarla hoy a partir de los propios planos de proyecto a distintas escalas, desde aquellos en los que se plantean las distintas alternativas de trazado, que nos relacionan con una visión territorial previa a la definición constructiva, puesta de manifiesto por la cartografía

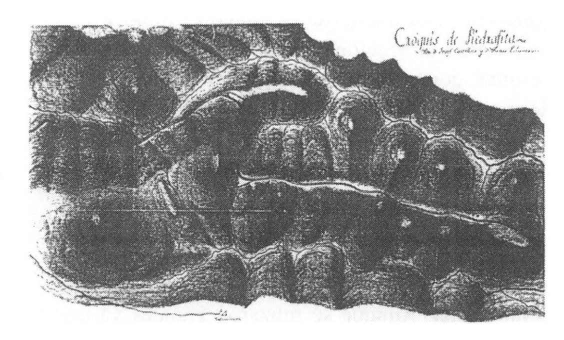


Figura 1
Croquis de Piedrafita, por D. Josef Castellán y D. Juan Echeverría (1812), en el que se ve el paso del Camino Real del siglo XVIII en dirección a As Nogais (Los Nogales), coincedente con la vía romana. Servicio Geográfico del Ejército. Cartoteca Histórica

elaborada, hasta aquellos que descienden a la escala propiamente de proyecto, en los que a pesar de las limitaciones cartográficas de la época, ponen de manifiesto el esfuerzo por representar la orografía, la hidrografía y el relieve que actúa de condicionante del propio trazado.

Le falta sin embargo de un medio de representación como el de las curvas de nivel, en el que apoyarán sus estudios de trazado los ingenieros de Caminos del XIX, con instrumentos de medición adecuados, determinará que entre lo representado en los planos que servían de base al proyecto, y lo que se construía después, existieran a menudo importantes discrepancias que invalidaban los presupuestos con los que se calculaba previamente el coste del nuevo camino.

Incluso la superposición de los trazados proyectados sobre franjas de terrenos con topografía no complicada, que obligaba a la construcción de muros o paredones para sostenimiento del camino en el paso de los valles y corrientes de agua, se realizaba sin ningún estudio previo sobre su altura. A este respecto hay que tener en cuenta que los Caminos Reales, a semejanza de lo que ocurrirá después con las carreteras del XIX y con las carreteras actuales, por su descenso a los valles con trazados en ladera para pasar de una cuenca a otra, atravesaban con frecuencia terrenos inundables, de aquí la gran preocupación de los tratados teóricos del XVIII para resolver este problema.

Los planos nos muestran además el abandono del camino anterior, cuya traza en muy pocos tramos se conserva, concibiéndose el nuevo Camino Real en función de alineaciones rectas cuando el terreno lo permite, con quiebros en ángulo y pequeños radios de giro, resultando este trazado modificado cuando había que enfrentarse con desniveles del terreno que obligaban a ascender a un puerto, o a descender hasta el fondo del valle para cruzar el río.

El abandono de la traza del camino anterior no significaba siempre el abandono de la franja territorial que recorría del camino antiguo y de los núcleos que comunicaba. Aunque se relizaron grandes variantes en el paso de los puertos, como ocurrió con el paso de los Montes de León para el Camino de Galicia, cuando el Camino Real seguía el recorrido del antiguo, atravesaba por el medio de la población existente si ésta no era importante, o realizaba variantes de la misma en el caso de mayores poblaciones, dirigiendo al igual que las carreteras del XIX después el crecimiento urbano.

Las modificaciones de trazado a escala territorial, venían determinadas también por las modificaciones del sistema urbano existente en el XVIII, frente a la red urbana medieval, y por el nuevo papel que se supone que debían jugar los nuevos Caminos Reales, como ordenadores o urbanizadores del territorio atravesado, defendido por los ilustrados de la época. Ello determinó —aparte de por consideraciones de trazado—, su descenso a los valles, frente al anterior recorrido de penillanura del camino de origen medieval.

Reglamentos e instrucciones

Con anterioridad al Real Decreto de 1761, los caminos se construían de acuerdo con la «Instrucción de Intendentes» del año 1718 y la «Ordenanza de Intendentes y Corregidores» del año 1749. La instrucción que desarrrollaba el Real Decreto anterior era el «Real Reglamento e Instrucción que S.M. quiere que se obseve en la Obra de caminos que se dignó mandar ejecutar por Real Decreto de diez de junio de este año».

Este decreto decía sin embargo muy poco respecto al trazado de los nuevos caminos, excepto que «el ingeniero encargado de mis Reales Obras practicará por sí, valiéndose juntamente de sus subalternos, un exacto reconocimiento del terreno, y parajes más conducentes por donde puedan dirigirlos, bien sea siguiendo el actual camino, o mudándolo para acortar su distancia, facilitando la práctica con el menor dispendio, y más segura permanencia de la obra», teniendo que elaborar un «Mapa ideal en el que se exprese y reconozca prudencialmente el coste que podrá tener cada legua de camino, haciendo en este cálculo consideración de los Puentes grandes, mediciones y Alcantarillas para los desagües en los tiempos de crecidas avenidas», levantando «con prolija exactitud, y en escala bastante comprensible el plano del terreno(...)», señalándo en el proyecto y los planos particulares de los puentes sus respectivos perfíles, «explicando el margen todas sus partes y circunstancias, con noticia individual, que calcule el coste del proyectado camino». (Artículos V, VI y VII).

Los problemas que van a surgir con respecto a la ocupación de tierras agrícolas, consustanciales con

las modificaciones de los trazados de los caminos anteriores, los cuales iban en general por las zonas altas, es lógico que trajesen consigo un procedimiento administrativo para la ocupación de tierras, el cual se concretó en la «Instrucción que facilita el mejor método para los diferentes puntos no contenidos ni explicados en la R.ª Instrucción de Caminos de 4 de Diciembre de 1761 que se ofrecen, y ocurrirá en el de Galicia que se está construyendo», del 30 de julio de 1766.

Con posterioridad a estas instrucciones, se redactó la «Instrucción para el Reconocimiento y Alineación de los Caminos» de 1778, con la que Floridablanca intentó impulsar la construcción de los caminos y poner las bases para su conservación futura, estableciéndo que «para la referida alineación del Camino debe tener presente el Comisionado que la intención del Rey es que se aproveche cuanto se pueda del antiguo». Por esta causa, «aunque se ha de procurar que el Camino vaya recto en quanto se pudiese, no debe sujetarse el Comisionado a este objeto quando para lograrlo se ocasionen dispendios considerables; y así donde sería forzoso desmontes, calzadas, puentes, u otras obras de gasto, para observar la línea recta, y se puedan cortar con algunos rodeos, se executará así».

No hay duda de que esta instrucción suponía un cambio fundamental respecto al trazado de los nuevos Caminos Reales iniciados a mediados del siglo XVIII. El camino antiguo se convertía en la base del nuevo trazado. La modificación del trazado ya no era previa a la modificación del firme, y un sentido práctico del estado intransitable de la mayor parte de los caminos, había dado lugar a un cambio de mentalidad, promoviéndose nuevos arbitrios para la construcción y conservación de los mismos.

Estas propuestas de Floridablanca estaban más cerca de las posibilidades políticas y económicas del momento. Floridablanca fue cesado en 1792; a partir de él los caminos, que habían dejado de ser «rectos y sólidos», por las críticas que de los mismos realizaron los primeros ingenieros de caminos a comienzos del siglo XIX, empezando por Bethancourt, simplemente ya no existirían, al ser todos intransitables.

La sección de los caminos

Una red de Caminos Reales concebida con unas características de trazado distintas, necesitaba solucionar el problema de la definición de la sección tipo más adecuada para la construcción de los mismos en las distintas situaciones geográficas posibles. Como el único precedente de trazado que existía de una red viaria organizada era la romana, y para unas exigencias de transporte en principio parecidas, no es extraño que los primeros tratados teóricos del siglo propongan el sistema romano de construcción de caminos como el modelo que había que imitar. Para ello contaban con la interpretación que a finales del siglo XVII había realizado Nicolás Bergier en su *Historia de los grandes caminos del Imperio Romano,* resumida por Gautier en su *Traité de la construction des chemins* (1716), el tratado sin duda más influyente, que será seguido por los ingenieros tanto en los caminos reales franceses como en los españoles.

El índice de este libro es ya claramente ilustrativo del deseo de resolver todas las situaciones posibles con las que tenían que enfrentarse los constructores de los caminos. La sección tipo que proponía Gautier era clara: Los muros o muretes laterales, bordeados por fosos, incluso en terreno llano, delimitan el camino. La tierra extraída de los fosos, al rellenar el espacio entre ambos muros que sobresalen del nivel primitivo de la explanada, sirve de pavimento en donde el terreno es de buena consistencia; en donde no lo es, el espacio entre los muros hay que rodearlo con piedras en sucesivas capas, que disminuyan de tamaño a medida que se aproximan a la superficie.

Era la misma sección que la ulilizada anteriormente por Marcos de Vierna en el Camino de Reinosa a Santander, descrita por Fernández Mesa, que la utilizada por Francisco Nangle en el Camino de Guadarrama, o que la que propone Balthasar Ricaud para el Camino Real de Galicia.

En el Camino Real de Galicia, Balthasar Ricaud, Ingeniero Jefe en sustitución de Lemaur a partir de 1770, explica en unas «Advertencias para el gobierno y arreglo de los trabajos, disposiciones y consistencia de las obras relativas a la construcción del nuevo Camino Real de Galicia» todas las características constructivas del mismo, acompañando cuatro perfiles del camino, uno de ellos con parte del camino en terraplén.

Los perfiles anteriores nos muestran el carácter subjetivo de las apreciaciones respecto al declivio (talud) que tenían que dar al camino cuando éste discurría en desmonte o cuando discurría en ladera, al

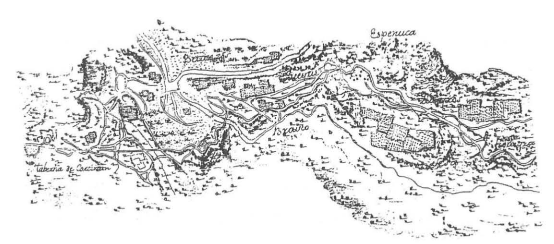


Figura 2
Proyecto del Camino Real de Galicia a su paso por Betanzos. Del «Mapa del País y del Camino proyectado y construído entre La Coruña y Lugo». Por D. Carlos Lemaur (1769). Servicio Geográfico del Ejército. Cartoteca Histórica

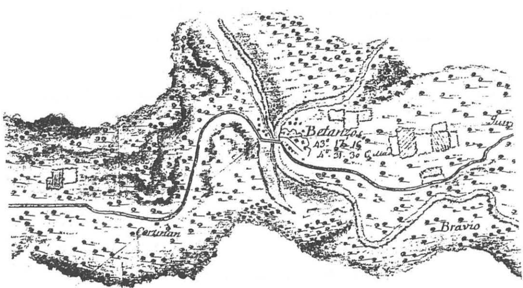


Figura 3
Tramo construído del Camino Real de Galicia a su paso por Betanzos. Del «Mapa que manifiesta el Camino hecho de nueva construcción, y el que falta por hacerse (...) desde la Ciudad de La Coruña a la de Lugo». Por D. Carlos Lemaur (1780). Servicio Geográfico del Ejército. Cartoteca Histórica

no poder conocer la naturaleza del mismo, ni disponer de las herramientas teóricas que proporciona hoy la Mecánica de Suelos. El camino se dejaba sin compactar, al no tener medios para realizar la compactación adecuadamente, ya que aunque la idea del cilindro compresor es de finales del siglo XVIII, no se extenderá hasta el segundo tercio del XIX, con Polonceau apareciendo el camino con frecuentes loalazales nada mas construídos.

El Camino Real, a su paso por los «lugares o aldeas», se debía empedrar con la mayor firmeza y precaución para su permanencia, «dirigiendo las aguas por medio de la calle» Los empedrados, bien con piedras de cantera sin desbastar o bien con piedras de cantera escogidas y puestas a plano, como proponía Gautier, sin la profundidad de las sucesivas

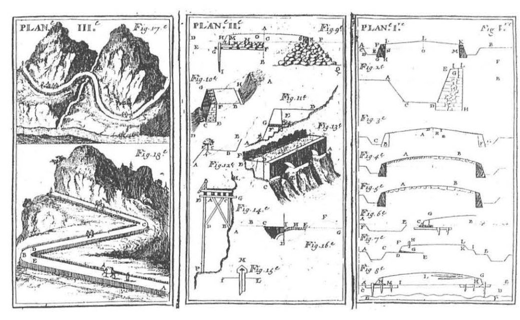


Figura 4
Soluciones de Gautier a las distintas situaciones posibles. Fuente: Gautier, H. reed. 1750

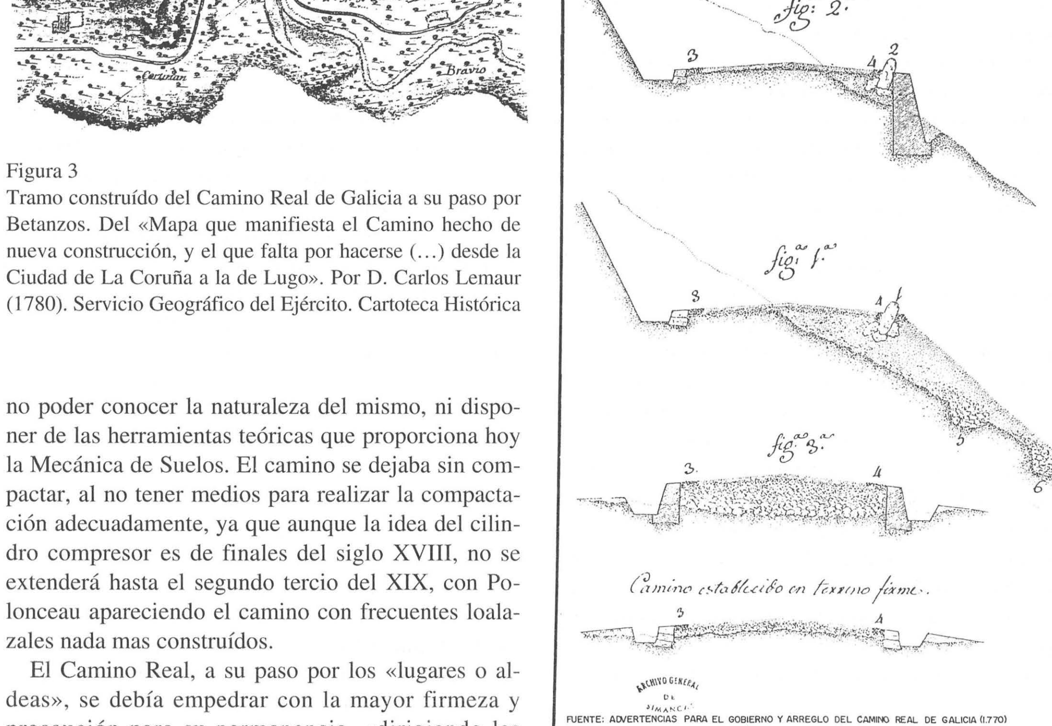


Figura 5
Ilustraciones de Ricaud de los perfiles del Camino Real de Galicia. Fuente: Ricaud, B., 1770. Archivo General de Simancas

capas de los firmes romanos, fueron frecuentes en las calles de los lugares por los que pasaba el Camino Real.

Respecto al ancho del camino, parece que no existían criterios claros, no teniendo por ejemplo el Camino Real de Galicia el mismo ancho en todos los tramos. En cualquier caso, el ancho de este Camino se sitúa en torno a los ocho metros, no habiendo llegado aquí, ni siquiera aproximadamente, a los anchos propuestos por los arbitristas para los grandes caminos reales.

Esto nos demuestra que los ingenieros que los construyeron, apesar de sus carencias, relativizadas desde una mirada actual, tenían una evidente mentalidad práctica, buscando en todo caso, aun en los pasos difíciles, hacer posible el cruce de dos carruajes, y doblando por lo menos los anchos de los caminos medievales y los de los siglos anteriores, a los cuales sustituyeron. El hecho de que incluso en sus trazados iniciales tratasen de aprovechar puentes existentes, muestra como a pesar de que los estudios económicos eran tremendamente groseros —simples partidas alzadas para grandes tramos de camino—, sin un desglose adecuado de los costes de movimiento de tierras y obras de fábrica, tenían una preocupación por el coste de la obra, preocupación en la que ha estado inmersa la ingeniería de todos los tiempos.

Los puentes

Una traducción al castellano del inglés del *Tratado de fortificación o arte de construir los edificios militares y civiles* escrito en 1769 por J. Muller, realizada por el ingeniero ordinario de los ejércitos de S. M. empleado en la Real Academia Militar de Matemáticas en Barcelona, Miguel Sánchez Taramás, ampliamente difundida, se ocupa en su tomo segundo de los puentes de piedra, remitiéndonos ya desde el principio al libro *Architectura hydraulique* de Belidor (1750-1780), texto de cabecera que ningún ingeniero podía desconocer.

El otro libro en el que apoya sus juicios es el de Gautier *Traité des ponts où, il est parlé de ceux romans el de ceux des modernes,* libro igualmente difundido, cuya primera edición data de 1716, pudiéndo considerarse el primer el primer tratado de puentes. En él se ocupa Gautier tanto de los puentes de sillería como de los de madera, poniendo de manifiesto los materiales con que se construyen, sus cimentaciones, andamiajes, cimbras, maquinaria y ataguías, así como las diferentes clases de puentes. Al editarse este libro se habían acabado los grandes puentes franceses del XVII, como el Pont Neuf y el Pont Royal sobre el Sena en París, y se estaban haciendo los planos del Pont du Blois, precursor de los puentes del XVIII.

El libro de Sánchez Tamarás nos pone en contacto con algunos de los principios básicos de la construcción de puentes del siglo XVIII, que comento en mi libro sobre el *Territorio y los Caminos en Galicia* (1992), y que conviene conocer para saber los conocimientos teóricos de los que partían los ingenieros militares en sus proyectos de puentes.

El procedimiento utilizado para el cálculo de los empujes de la bóveda era el propuesto por Belidor en su Libro II de *La science des ingenieurs(...)*, siguiendo a De la Hire. Belidor suponía las bóvedas formadas por una serie de dovelas iguales, cuyas juntas,lisas y sin mortero, se dirigían al centro, comportándose como cuñas que resistían mutuamente el es-

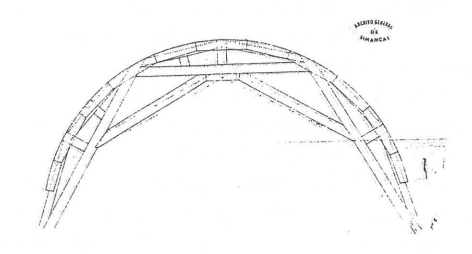


Figura 6
Cimbas del puente sobre el río Narón en las cercanías de Cruzul (1765). Archivo General de Simancas

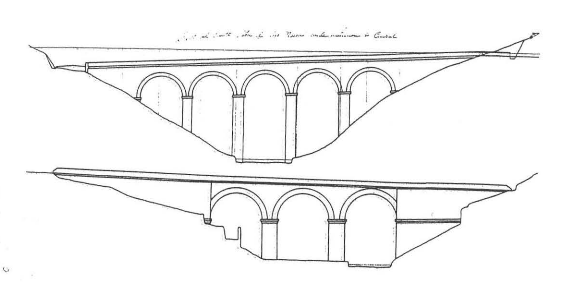


Figura 7
Planos del puente sobre el Río Narón De Cruzul (1765). Archivo General de Simancas

fuerzo que les llevaba a caerse, de tal manera que el esfuerzo total resultante de esos empujes, en donde el de cada dovela se concentraba en el centro de gravedad de la misma, era el que se transmitía a las pilas. Obenido el empuje, Belidor aportaba un método gráfico para determinar el espesor de las pilas, las reglas impíricas y unas tablas para conocer el espesor de las dovelas y de las pilas según la luz de los arcos. Una tabla de este estilo la aporta también Muller en su libro, para determinar las dimensiones de las pilas en función de la luz de las bóvedas y la altura de las mismas. Las dimensiones estaban dentro del orden de magnitud propuesto por Alberti, de tal manera que en ningún caso la relación en menor que 1/6 de la luz.

Estas dimensiones fueron disminuídas por Perronet en sus puentes de Neully, Sainte— Maixence, Brunois, Orleans, de Luis XVI, etc., llegando a anchos de pila en torno a 1/10 o 1/12 de la luz. Así, en la memoria del proyecto del Neully se refiere a que «La connaissance que nous avons de la force des pierres pour resister au poids dont on peut les charges, nous a fait penser qu'on pourroit diminuer de beaucoup l'épaisseur qu'ont est dans l'usage, de donner aux piles, laquelle est evaluée ordinairement au cinquienne de l'overture des arches(...)».

Perronet que describe sus proyectos en un libro editado en 1783 y reeditado recientemente con el título *Construire des ponts au XVIII siecle* (1987) es el maestro de todos los puentes que se construyeron en piedra durante los siglos posteriores, que imitaron sus modelos hasta la saciedad. La disminución que consiguió del espesor de las pilas fue posible gracias a que como constructor se dió cuenta de que si conseguía contrarrestar los empujes horizontales de las bóvedas y llevarlos hasta los estribos, los pilas solo resistían cargas verticales.

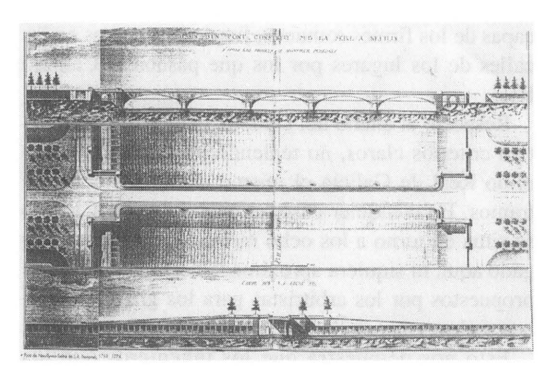


Figura 8
Pont de Neuilly-sur-Seine de J.R. Perronet, 1768-1774. *L'Ingenieur Artiste.* Antoine Picon Michel Yvon. 1989.

La definición geométrica de la forma de la bóveda, a la que había que ajustar el despiece de las dovelas, ocupará los dibujos de los ingenieros de los siglos XVIII, XIX e incluso del XX, desde Belidor a Sejourné, llegando a arcos de numerosos centros por un simple regusto en las leyes de las matemáticas, sin aproximarse a la bella forma que dibuja Ammannati para el puente de la Trinitá de Florencia, sin el apoyo de estas leyes. Los dibujos en este sentido de Perronet, con gran cuidado de detalles, en el libro en que describe sus puentes, son de una belleza impresionante. El puente aparece además dentro de un entorno urbanístico, formando parte de él e integrándose en la solución de los accesos, por encima de su papel funcional.

La iglesia como lugar de la música

Jaime Navarro Casas
Juan José Sendra Salas

A nuestro entender, el análisis arquitectónico de la tipología eclesial resulta incompleto si no se incluye la valoración del comportamiento acústico. Esto, que puede ser considerado como una afirmación general válida, cualquiera que sea el modelo de edificio estudiado, se manifiesta con claridad en la «Iglesia», que durante mucho tiempo ha sido «el lugar cedido para la música».

Sin embargo, resulta difícil encontrar alusiones al problema acústico de estos espacios en la historiografía arquitectónica y musical, a pesar de disponer de una gran cantidad de fuentes documentales que versan sobre la relación entre arquitectura y música. De hecho, la terminología musical está presente en la literatura arquitectónica: ritmo, armonía, cadencia, etc. Nos llaman poderosamente la atención, las escasas referencias que los arquitectos y los músicos hacen de las cualidades acústicas de los lugares de interpretación de la música.

Un autor tan analítico como Pevsner, dedica al teatro todo un capítulo de su *Historia de las tipologías arquitectónicas,*[1] sin apenas mencionar el problema acústico; siendo el teatro, sobre todo, un lugar para ver y oír a unos actores.[2] Sólo en ocasiones muy excepcionales nos encontramos con alguna personalidad de un mundo u otro (arquitectura o música) que se manifiesta objetivamente sensible al ámbito no propio (musical o arquitectónico). Paradigmática resulta la figura de J. M. García de Paredes, melómano arquitecto, yerno de Falla,[3] en cuya persona vemos aunada la común preocupación por arquitectura y música.

Con el fin de procurar el entendimiento de la especial relación entre el tipo eclesial y la música, en particular, y la acústica, en general, a lo largo de la historia de la construcción, se presenta este trabajo.

La arquitectura especializada

Cada actividad humana ha tenido siempre una respuesta arquitectónica, generando modelos de edificios. Museos, bibliotecas, oficinas, escuelas, teatros..., cualquier ocupación distinta a la vivienda, produce arquitecturas especializadas, específicas. Cada época da una respuesta estilística o funcional distinta, pero la simple apreciación de sus plantas y secciones las hacen reconocibles en su especificidad, al contemplar las distintas tipologías propias del modelo. Esta es una constante intrínseca de la arquitectura, imprescindible para la definición espacial.

Resulta sorprendente, tras una reflexión tan elemental, encontrar que en la historia de la arquitectura no se haya llegado a definir un lugar, una arquitectura para la música, hasta, prácticamente, este siglo. Únicamente encontramos un referente posible en el Odeón griego, tipo del que se tiene una escasa documentación.[4] Salvando este casi desconocido antecedente (de importancia menor, ya que griegos y romanos consideraban la música, sobre todo, como una manifestación festiva, para acompañamiento de la danza), no nos encontramos más que con edificios de usos diferentes al musical; en ellos la presencia de la

música no tiene más que un valor accesorio o complementario.

Hay que esperar a principios de nuestro siglo para ver nacer el Auditorio o Palacio de la Música, precisamente en un momento en el que, prácticamente, las propuestas plásticas y las necesidades físicas de la música hacen perfectamente prescindible un lugar especial para la música, sino es por el aforo. La música actual, que utiliza el apoyo electro-acústico y la grabación como elementos comunes de expresión, no necesita de espacios muy cualificados, o por decirlo de otra manera, los problemas no son ya arquitectónicos.

En el inmenso intervalo de tiempo que media entre el Odeón y el Auditorio, la Iglesia ocupa el sitio más destacado, entre los diferentes modelos de edificios, como lugar que ve nacer y acoge, temporalmente, a la música. Este hospedaje marca una impronta fundamental, que ha de ser tenida en cuenta para entender la historia de la construcción de las iglesias y de la música, en general. Para lograr un mejor conocimiento de la interrelación entre música e Iglesia, haremos una serie de consideraciones sobre las claves que la facilitan.

La música: su origen y evolución

Reconocida siempre como la más abstracta o inmaterial de las artes, la música está presente en cada cultura como manifestación y expresión de todos los estados anímicos del hombre. Pero nos interesa aquí destacar, con independencia de otros contenidos, cómo la música tiene un carácter que se desarrolla en el tiempo, es decir, en un momento determinado, y durante ese momento es capaz de producir un tipo de sensación y emoción de una intensidad muy superior a las percibidas a través de otras artes. Ello es debido, fundamentalmente, al vehículo utilizado como medio de transmisión: «la vibración física». Este camino supone una una perturbación física, una acción mecánica que no solamente es percibida por el oído, sino por todo el cuerpo. De ahí la facilidad de la música para producir estados anímicos: alegría, tristeza, euforia, nostalgia,...

En realidad, queremos hacer hincapié sobre el carácter de la acción directa de la fuente de sonido sobre el oyente, como generador del gran atractivo que el ser humano tiene por la música. Pero ello exige un primer gran condicionante: la proximidad de ese oyente a la fuente sonora, sin la cual difícilmente se producirá esa emoción de la que hablamos.

Por otra parte, como la historia de la música se ha encargado de demostrar, sin un soporte escrito o permanente, la transmisión de los conceptos musicales está condenada a moverse en círculos pequeños y poco evolutivos. Juglares, trovadores, músicos de corte y salones no pueden llegar a desarrollar una teoría musical. Sin embargo, en el ámbito de la música religiosa, donde colectivos más amplios de personas (religiosas) tienen un interés en mantener y salvaguardar determinadas practicas musicales, la música encuentra el ámbito adecuado para crecer y desarrollarse; y lo hará de una manera espectacular. Es en los monasterios donde nace la escritura musical y donde nacen también las primeras formas musicales «artísticas».

El Papa Gregorio Magno, pontífice del 590 al 604, ordenó recopilar las plegarias, hasta entonces transmitidas de manera oral, y dejarlas en forma manuscrita, coordinando además dichos cantos con los ritos. Gregorio, de familia hacendada, había sido antes monje y en los monasterios debió conocer las formas de canto que explotaban las características acústicas de locales muy reverberantes, cuyos ancestros se remontan a los cantos judaicos de las sinagogas. Esta labor de unificación de las formas musicales, por una parte, y de difusión a los distintos países donde se encuentra asentado el cristianismo, por otra, provoca unos de los puntos de arranque de la música occidental como manifestación artística: el canto gregoriano.

El gregoriano como forma musical consiste en un desarrollo melódico diatónico y de ritmo libre, de tipo silábico, es decir, que cada sílaba del texto se canta sobre una o dos notas mantenidas en tiempos muy largos. En la relación entre este tipo de música y el lugar en que se canta, está el germen del nacimiento de la polifonía. Se puede afirmar que es éste uno de los momentos clave de una auténtica relación entre música y arquitectura, a lo largo de la historia. El gran tiempo de reverberación, característico del templo románico, provoca la simultaneidad, en el oído del espectador, de notas distintas al unísono. Ello no sólo condiciona la cadencia melódica sino que procuró a lo largo del tiempo, una cierta educación y familiarización con los sonidos polifónicos. En efecto, la persistencia sonora de las distintas notas de la melodía conduce a desarrollos melódicos, es-

tructurados de tal forma que la simultaneidad de notas se solucione sobre determinados armónicos. Por consiguiente, el lugar (la iglesia medieval) es la principal causa de que la música siga una dirección determinada (la polifonía). La acústica influye en el desarrollo de la música.

La iglesia es un lugar en el que la música se hospeda de manera circunstancial. No es el lugar destinado a la música, pero sí es el utilizado por aquellos músicos que la entienden enmarcada en el servicio religioso. Para cuando se logre la autonomía de la música, se habrán cambiado ya tanto las formas musicales como arquitectónicas, desapareciendo la sintonía que se dio entre Románico y Gregoriano. Sin embargo, los lazos creados entre música e iglesia en ese período habrán de permanecer, pese a todas las evoluciones posteriores. El énfasis ceremonial que la música aporta al rito religioso, así como la carga de solemnidad y grandiosidad que se introduce con la música, hacen que ésta se convierta en un referente de prestigio dentro de la iglesia. Surgen los músicos de las iglesias, quienes, con independencia de su condición de clérigos, tienen un carácter profesional y especializado. Ellos son los encargados de introducir la música instrumental en la iglesia; en particular, el órgano, instrumento cuya sonoridad y características tímbricas le confieren una especial idoneidad para el espacio eclesial.

No obstante, las complejas y ricas formas musicales propias del Renacimiento, así como las características espaciales de las nuevas corrientes arquitectónicas, ponen de manifiesto que ya la música necesita encontrar otro sitio, que la iglesia sólo resulta adecuada como lugar para la música si se transforma para la ocasión, en las grandes solemnidades. La autonomía de la música y su alto grado de desarrollo, producen formas musicales que no pueden ser apreciadas en locales tan reverberantes como las iglesias. Esto provoca, por un lado, que, para las paredes y techos interiores de las iglesias, se prefieran acabados más absorbentes y/o difusores sonoros (grandes colgaduras de telas, por ejemplo) y, por otro, que los músicos propongan otros lugares para interpretar su música.

Por otra parte, desde que aparecen los músicos de iglesia, la música profana va a verse afectada por la fuerza de arrastre del crecimiento de la música sacra. En efecto, estos músicos profesionales, que entienden el arte musical como su principal ocupación, no van a dedicarse exclusivamente a la música religiosa, sino que desarrollarán sus ideas musicales en temas profanos. Al mismo tiempo, utilizarán melodías profanas como inspiración para la música sacra.[5] Este trasvase entre manifestaciones musicales producirá un enriquecimiento mutuo, a la vez que propiciará un desarrollo en paralelo. La música profana pasará al salón palaciego (del que nacerá la música de cámara) y de ahí, debido a su éxito, pasará al teatro, buscando un mayor aforo. Como consecuencia de estos cambios de localización, surgirá la música para orquesta, dadas las dimensiones de los teatros y la necesidad de mantener unos niveles sonoros mínimos sobre el espectador.

La música de orquesta y, sobre todo, la ópera, producirán una auténtica hipertrofia del teatro, lo que ocasionará, en muchos casos, un funcionamiento inadecuado de este recinto, tanto para el uso teatral como para el musical. Aparecerán así los primeros auditorios, en cuya primera definición formal tendrán mucha influencia los tipos teatrales. La necesidad de «inventar» el nuevo espacio, así como los primeros (y sonoros) fracasos de los primeros auditorios, forzarán el nacimiento de la disciplina denominada Acústica Arquitectónica, a finales del siglo XIX.

En nuestros días, la tecnología de grabación y audición es ya de tal calidad, que obliga a músicos y arquitectos a replantear algunas cuestiones. La posibilidad de dejar una obra grabada, para ser oída con gran fidelidad cuantas veces se desee, desdramatiza la necesidad de control que los compositores han tenido siempre sobre su obra y la manera en que debe interpretarse.

El coro y el órgano en la iglesia: su origen y evolución

El carácter clandestino e ilegal de la iglesia cristiana de los siglos I y II, obligó a los primeros cristianos a tener sus reuniones de culto en las casas de sus miembros. La ley romana, particularmente respetuosa con los lugares de enterramiento, dio a estos primeros cristianos la oportunidad de usar sus cementerios como lugares de reunión y culto. En Roma existían galerías subterráneas, «las catacumbas», antiguas minas de terreno volcánico usado por los romanos como materia prima de sus morteros hidráulicos. Los cristianos las ocuparon para sus

enterramientos, abriendo nuevas galerías y convirtiéndolas también en lugares de culto. Estas catacumbas tendrán una influencia decisiva en el desarrollo posterior de la iglesia. El sonido de ritos y cantos debía reverberar largamente por entre las galerías, como corresponde a la «acústica de la cueva».[6]

Cuando, en el siglo III d. C., el cristianismo hubo de plantearse la definición de un espacio como templo, adoptó como modelo espacial la basílica, edificio civil romano, sin ninguna relación con la religión romana, que servía de forma aceptable a los fines principales de esa comunidad en aquella época: las necesidades propias del culto, la propagación de la fe y la enseñanza de la religión. De hecho, al utilizar este mismo espacio como lugar de culto y de catequesis, la importancia de la comprensión de la palabra, del mensaje hablado, resultaba crucial.

De la tradición hebraica, la iglesia primitiva cristiana heredó el gusto por la entonación de fragmentos de textos sagrados. Estas salmodias no tenían, en principio, ningún interés musical, más allá del valor enfático sobre el rito y de la consecución de estados anímicos transcendentes o semihipnóticos (manifestación ésta muy común en los ritos de muchas religiones). Este efecto debía de estar muy reforzado por la atmósfera envolvente creada en espacios muy reverberantes, como podían ser las iglesias prerrománicas. No debía de ser tan importante el texto cantado como el estado conseguido por oficiantes y oyentes, con el mantenimiento persistente de notas muy prolongadas.

Sin embargo, por secundario que sea el papel concedido a la música, en este caso al canto, la tendencia natural hacia el perfeccionamiento de sus valores estéticos y emotivos, hará surgir pronto un repertorio de formas musicales más o menos sencillas, pero de gran implantación, que más tarde sería recogido por el Papa Gregorio en su conocido *Antiphonarum Centom.*[7] Además de otros logros, este precursor de la escritura musical originará la institucionalización de la figura del coro en la liturgia y, por ende, el establecimiento de un lugar para el coro en la iglesia.

El término coro se refiere tanto al conjunto de personas agrupadas para cantar, como al lugar donde éstas se reúnen. Para ejecutar bien, los cantores necesitan verse entre ellos; pero, sobre todo, oírse. Por ello, se disponen en círculo o en U, sobre paredes traseras que reflejen el sonido. El coro, como conjunto de voces, tiene su origen formal en la tragedia griega, aunque su sentido no fuera estrictamente musical.

En las iglesias cristianas de las catacumbas, se le daba el nombre de coro al lugar reservado delante del altar para los cantos sagrados. Más tarde, al ocupar las basílicas, se emplazó el coro en el crucero o se dispuso tras el altar, como en San Silvestre o San Lorenzo Extramuros, en Roma.

En las iglesias bizantinas, en las que prevalece la planta central cruciforme, el coro se ubica en el crucero, debajo de la cúpula, con los inconvenientes acústicos derivados de esta ubicación. Quizás, este peor comportamiento acústico puede ser una de las causas del menor desarrollo de la música sacra en la cultura oriental.

En muchas iglesias medievales el coro se localizaba en la nave principal, cerrándose con una verja o con una balaustrada, apoyada en las columnas laterales. Esta disposición es propia de las iglesias monacales, en las que el coro está formado por toda la comunidad de monjes. Ellos son los auténticos ocupantes de la nave; la asistencia de fieles es inexistente o es considerada de importancia menor para el ritual. Muchas catedrales adoptarán también esta disposición, dándole al coro esta situación preferente por su valor escultórico. En estos monumentales espacios, el coro termina siendo el pretexto para el «amueblamiento» del interior, adquiriendo carácter escultórico y obviando los requerimientos funcionales o acústicos.

El gótico cierra el coro con muros muy decorados y con sillerías (series de sillas), que solían estar en doble altura: coro alto, para los canónigos y coro bajo, para los clérigos. La elevación del coro sobre el nivel de la planta suele ser producto de la existencia de una cripta. Estas piezas funcionan, prácticamente, como un volumen dentro de otro volumen, con dos ventajas de tipo acústico: los cantores se oyen unos a otros como si estuvieran en un recinto pequeño y los sonidos salen fuera del coro completamente mezclados, como si la fuente sonora fuera única.

Sin embargo, dependiendo del uso de la iglesia, encontramos esta situación (coro en la nave) conviviendo con el coro en el ábside y, a veces, coexistiendo ambos coros en una misma iglesia. Cuando esto ocurría, el del ábside era ocupado por los sacerdotes, adoptando el nombre de presbiterio, siendo el otro ocupado por los cantores.

El Renacimiento incorpora una ordenación de la decoración del coro de la nave central en los grandes templos, adoptando los nuevos cánones estéticos. No

obstante, tanto el Renacimiento, como posteriormente el Barroco, tienen una clara vocación de eliminar el coro de la nave central, al considerarlo un obstáculo en la percepción del espacio único y para la perspectiva, valores éstos muy superiores a los acústicos en la jerarquía mantenida por los arquitectos de la época. Además, los cantores ya no son clérigos, sino grupos más o menos profesionalizados, para los que no se precisa ya el protagonismo de los coros de clérigos.

Estos grupos de cantores estaban en ocasiones integrados por niños o niñas formados en los hospicios. Por ello se les buscaba una situación elevada sobre el plano del suelo, de forma que no pudieran ser vistos por los fieles. Las voces de los niños venidas desde la zona superior de la iglesia tenían un marcado valor efectista, muy propio de la época. Particular prestigio llegaron a adquirir en Venecia los coros de los *Ospedali*,[8] hasta el punto de que el ritual social de la época pasaba por la asistencia obligada y periódica a sus funciones dominicales. Ello favoreció el auge musical veneciano, que llegó a rivalizar musicalmente con Roma.

La nueva disposición del coro en un segundo nivel, normalmente al fondo de la nave central, era acústicamente más favorable al estar mucho más próximo al techo, con lo que los cantores se escuchan mejor entre ellos y el sonido, tanto el directo como el reflejado, llega a los oyentes desde arriba. La creación de una atmósfera mística estaba garantizada con estas condiciones, puesto que el oyente no ve de dónde procede el sonido. Esto último, no obstante, debiera ser considerado como un inconveniente acústico.

Sin embargo, la iglesia reformista, en su afán por «humanizar» la religión, opta por un coro situado prácticamente entre los fieles, en una invitación permanente a que éstos se sumen al canto. Aparece así el «coral» luterano (sencillo y popular), al que el mundo católico responde con el «oratorio»[9].

La irrupción de los instrumentos musicales en las iglesias es muy tardía. La mayoría de ellos estaba relacionada con actividades profanas, cuando no paganas, por lo que, comúnmente, eran rechazados en la liturgia. Por otra parte, ya hemos señalado anteriormente que el mayor interés de la primera iglesia cristiana no era, precisamente, el aspecto musical del canto litúrgico. Hasta la aparición del *Ars Nova* en la Edad Media, con cantos litúrgicos ya muy elaborados, no empieza a darse apoyo instrumental a dichos cantos. Y no será hasta principios del siglo XVI, con la obra de Cavazzoni, organista en Urbino, Venecia y Padua, cuando la música instrumental se libere de la vocal y alcance verdadera autonomía.

De todos los instrumentos, es el órgano, por sus especiales características, el destinado a erigirse en el instrumento litúrgico por excelencia. Su potencia y amplio registro tímbrico están en la base de este éxito, por lo que conviene detenernos en él con cierto detalle.

Organum, en latín, designa cualquier instrumento. En particular, designa un instrumento que compendia (o imita) a todos los demás. El órgano está compuesto por tres elementos fundamentales, la tubería, el teclado y el sistema propulsor. Parece que, en los primeros órganos, el sistema propulsor estaba resuelto mediante un sistema de agua, por lo que dichos órganos adoptaban el nombre de *hidraulos* u órgano hidráulico. Su invención se atribuye a Ktesibios, un barbero de Alejandría en el siglo II a.C., partiendo para ello de la flauta de Pan. Con no muchas diferencias, éste es el órgano que describe Vitrubio.

El *hidraulos* desaparece en Occidente con la invasión bárbara, igual que el órgano neumático, más sencillo que aquél, al ser accionado por fuelles. En Bizancio se mantuvo bajo muy diversas formas, utilizándose en todo tipo de ceremonias y festejos, debido a su gran potencia. Su técnica de construcción se desarrolló de tal forma, que se fabricaban incluso portátiles. Éste es el origen del órgano positivo (del latín *pono*: poner en algún sitio). Estos últimos son los que vuelven a entrar en Occidente, traídos por los embajadores bizantinos, como regalos a las cortes europeas medievales.

Por ello, la iglesia bizantina asoció el órgano al paganismo, considerándolo como instrumento propio de circos y fiestas, no apto para ser usado en el culto. Sin embargo, los bárbaros de Occidente, a quienes el órgano no evocaba recuerdo alguno, quedaron fascinados ante un instrumento tan versátil y potente, no encontrando ningún inconveniente para introducirlo en su música sacra. Carlomagno, en el 811, hace venir a artesanos griegos para que los construyan en su corte y, a su vez, les enseñen a construirlo. Más tarde, sabemos que Ludovico Pío, en Alemania, encarga la construcción de un gran órgano para la catedral de Aquisgrán.

En la primera mitad del siglo X, el uso del órgano ya está generalizado en toda Europa, aunque con mayor profusión en Alemania. En el s. XIV aparecen órganos muy perfeccionados, con la inclusión de los teclados «pedales», que amplían la extensión del instrumento.

Pero con todo, es la imponente presencia de la tubería, y su versatilidad para la ornamentación, lo que permite al órgano adoptar un lugar preeminente en la iglesia, pues pasa a ser considerado como un elemento de prestigio de la misma. Catedrales e iglesias competirán por disponer del órgano mas elaborado hasta el momento. Si a ello unimos el hecho de que, con un único instrumento (e instrumentista), se pueden llenar de sonido espacios tan amplios como los eclesiales, hallaremos la clave de su éxito.

Como hemos dicho anteriorente, los primeros órganos que se introducen en la iglesia son de carácter portátil, por lo que su ubicación suele hacerse sin mayor dificultad, allí donde convenga. Sin embargo, cuando comienzan a aumentar de tamaño en búsqueda de mayor potencia y espectacularidad, necesariamente se hacen fijos y pasan a formar parte de la ornamentación y arquitectura del templo. Ello plantea el problema de su situación.

Durante el Renacimiento, con el auge musical de la polifonía, tenemos testimonios de que se utilizaron juegos de coros y órganos buscando efectos sonoros sorprendentes. Quizás, el más conocido sea el caso de S. Marcos en Venecia, en donde se colocaba un coro y un órgano en ambos lados de la nave transversal, utilizado por músicos como Gabrielli o Monteverdi, y más tarde, en el Barroco, por Vivaldi.

En las grandes catedrales, con el coro en el arranque de la nave, el órgano, su arquitectura de tubería, será utilizada, además, como cerramiento de dicho coro. En iglesias de menor tamaño, se dispondrá en alguna pared lateral, pasando a ocupar más tarde, junto con el coro, la parte superior del fondo de la nave principal.

Esta «ubicuidad» del órgano en la iglesia, induce a pensar que la solución «tecnológica» (aumento de la potencia del órgano) tuvo más fortuna que la solución arquitectónica (buscar un lugar que favoreciera la sonoridad del órgano en el templo); es decir, dada la posibilidad que tiene el órgano de aumentar su potencia sonora aumentando su sistema propulsor y su tubería, resultaba más sencillo construir órganos a escala de los grandes templos, de manera que su comportamiento sonoro fuera como el de un instrumento normal en una sala de dimensiones normales: todo el local se «llena» de sonido, de tal forma que no tiene importancia el lugar donde se sitúe.

Conclusiones

A la vista de lo anteriormente expuesto, podemos concluir en primer lugar que, para el análisis histórico de los diferentes tipos eclesiales, es importante tener en cuenta aspectos propios de la Acústica Arquitectónica. En segundo lugar, que la existencia del canto litúrgico origina la inclusión del coro como una pieza importante en la tipología eclesial, marcada en su definición y ubicación por una serie de consideraciones, entre ellas principalmente las acústicas. De hecho, cuando el coro se sitúa en la nave, son fundamentalmente problemas acústicos los que conducen a la inclusión de un verdadero recinto dentro del espacio interno global. Por último, la música sacra instrumental introduce en la iglesia el órgano, que, a diferencia del coro, no se plantea el problema acústico en la definición formal del espacio eclesial, ni siquiera en la fijación de la posición del órgano en el templo. Más bien hay una aceptación por parte de los compositores, que someten sus obras musicales a las «malas condiciones» acústicas de las iglesias.

Notas

1. Pevsner, N., *Historia de las tipologías arquitectónicas.* Ed. Gustavo Gili. Barcelona 1979.
2. Aunque citemos a Pevsner, igual referencia podríamos hacer sobre L. Benevolo, P. Frankl u otros autores, especialmente de nuestro siglo, a partir del cual se toma conocimiento de la existencia de la disciplina conocida como «Acústica Arquitectónica».
3. Esta circunstancia debió ser decisiva en la orientación personal y profesional que citamos.
4. La inmensa mayoria de los textos sobre arquitectura griega o romana se limitan a constatar su existencia.
5. En ocasiones, se trata de la misma pieza musical que simplemente cambia de nombre, como la anónima «chanson» *L'homme armé* que Dufay convierte en la misa *Ave Regina Coelorum.*

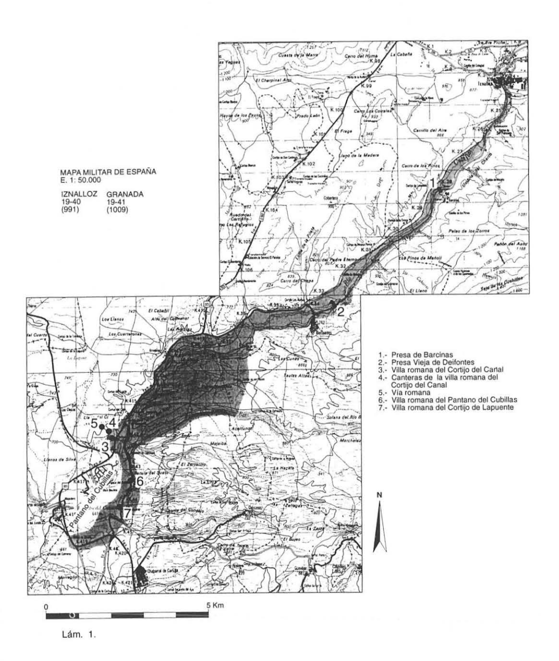
6. Forsyth, M., *Building for music.* Cambridge University Press.Cambridge.
7. *Centone* era para los romanos una especie de cobertor confeccionado con retales diversos cosidos juntos.
8. Hospicios en los que se daba formación musical a niños y niñas, que llegaron a tener maestros de la talla de Vivaldi.
9. No obstante, la terminología no es muy precisa y encontramos muchas alternativas como *pasión, pasión-oratorio, oratorio-pasión,...*

La cantera romana del Cortijo del Canal (Albolote, Granada): composición, explotación y uso en la construcción

Margarita Orfila Pons
Manuel Angel Castillo Rueda
Pablo Jesús Casado Millán

La zona donde se ubica la cantera se encuadra geográficamente en el Valle del Río Cubillas. Dicho río discurre al pie de Sierra Arana donde tiene su origen. Toda esta área queda englobada en la zona de contacto entre la Vega de Granada y los Montes Orientales.

Este valle se encuentra ocupado desde Épocas Prehistóricas, debido a la gran cantidad de recursos naturales potencialmente explotables y a que se trata de una vía natural de comunicación entre las Depresiones de Guadix-Baza y la Vega de Granada. Durante el dominio romano en este paso natural se constituye en una vía secundaria que ponía en conexión las zonas comentadas (Marín, A.: 1989; ...).



Lám. 1.

El curso medio del Río Cubillas tuvo una importante ocupación antrópica durante la época romana como queda ampliamente demostrado en una serie de estudios (Orfila *et Al.*, en prensa a; Orfila *et Al.*, en prensa b) que nos permiten reconocer campos de cultivo, infraestructuras hidráulicas, asentamientos rurales, etc. (figura 1).

Estos restos son las huellas que han perdurado y donde se puede reconocer y reconstruir, a nivel de hipótesis, el alto grado de antropización.

La cantera que nos ocupa se encuentra localizada a escasos metros de los restos de la villa romana del Cortijo del Canal, excavadas ambas en 1985 y 1986 (Jabaloy, 1987a; Jabaloy, 1987b; Raya, Ramos y Toro, 1989; Raya, Ramos y Toro, 1990).

Composición geológica de los materiales

Los afloramientos existentes son de travertinos con buenas posibilidades para su explotación como material de construcción y en menor medida como piedra ornamental.[1]

El análisis basado en criterios macroscópicos: color, uniformidad litológica, fracturación, y otros criterios texturales, granulométricos y composicionales

que hemos realizado no permite considerar los afloramientos como un foco aislado, sino que entra dentro de las características geológicas globales de la zona.

Los estudios de carácter geológico o histórico que analizan la extracción de piedra en época antigua para su uso como material de construcción han tenido poca relevancia cuantitativa y cualitativamente. En Época Romana los escasos estudios se han centrado en los elementos ornamentales de la construcción (revestimientos, inscripciones, esculturas, etc.) y las rocas aprovechables para este fin (principalmente mármoles o calizas marmóreas), tanto a nivel de la actual provincia de Granada, como a nivel peninsular, lo que queda patente en la práctica inexistencia de un mínimo *corpus* bibliográfico acerca de tipos de explotaciones de otros materiales pétreos y su composición. En las últimas décadas asistimos a un interés por la explotación de aquellas canteras relacionadas con la extracción de mármol o calizas marmóreas, entre las que destacan Macael (Almería), Cartagena (Murcia) y alrededores, Estremoz (Portugal), Almaden de la Plata (Sevilla), Alconera (Badajoz), Sierra Elvira (Atarfe, Granada), etc (Canto, 1977-78:171; Ramallo y Arana, 1987; Cisneros, 1989-90). Esta proliferación en el estudio del mármol ha de ponerse en relación con las nuevas técnicas arqueométricas potenciadas por la Arqueología Espacial y que se centran en el estudio y caracterización del material del área fuente y su rastreo en aquellas piezas puestas al descubierto en los yacimientos.

Explotación

La explotación ha de considerarse teniendo en cuenta no sólo la composición geológica, pues como hemos comentado no se trata de afloramientos singulares, sino que existen otras variables que combinadas la harían rentable socioeconómicamente: facilidad de extracción, facilidad de transporte, cercanía de las construcciones demandantes, etc.

La cantera se caracteriza por ser una explotación al aire libre, y donde los trabajos de extracción quedan bien representados tanto por las huellas dejadas sobre el frente de explotación, como por el hecho de haberse detenido en pleno proceso (figura 2). En base a estos datos se pueden apuntar algunos aportes sobre la técnica de extracción que consiste en la obtención de los bloques de piedra (principalmente sillares) uno a uno, como se indica más adelante. En este caso se observan las huellas y las muescas que se practicaban para la colocación de las cuñas. A partir de aquí podemos obtener el tamaño de los sillares, que podía sufrir reajustes a pie de obra, o ser considerados como bloques de materia prima a partir de los cuales obtener otros tipos formales.



Figura 2
Vista general de la cantera

Además, la cantera contaba con una buena infraestructura de transporte como queda evidenciado en la documentación de una calzada con importantes huellas de uso dejadas por carros[2] (figura 3). El ancho entre las huellas de las ruedas de los carros, del eje, es de unos 0'90 m, mientras que el ancho total de la calzada es de unos 1'60 m. La anchura de la roca cortada alcanza unos 1'90 m. Los restos de canteras afloran en toda la zona en donde se aprecia este fragmento de calzada (que mide unos 200 metros). No es un caso aislado el hecho de que en las canteras se aprecie la existencia de vías con al menos una función clara: el transporte de los bloques extraídos, como ocurre también en la zona de Lens (Nimes) (Bessac:1996;69-71). La anchura de las trazas de los ejes de los carros identificadas en estas vías francesas, de época romana, coinciden en cierta manera con las identificadas en la vía de la villa del Cortijo del Canal.

Uso

La proximidad de la cantera a la *villa* del Cortijo del Canal, cuyos restos presentan el mismo tipo de mate-

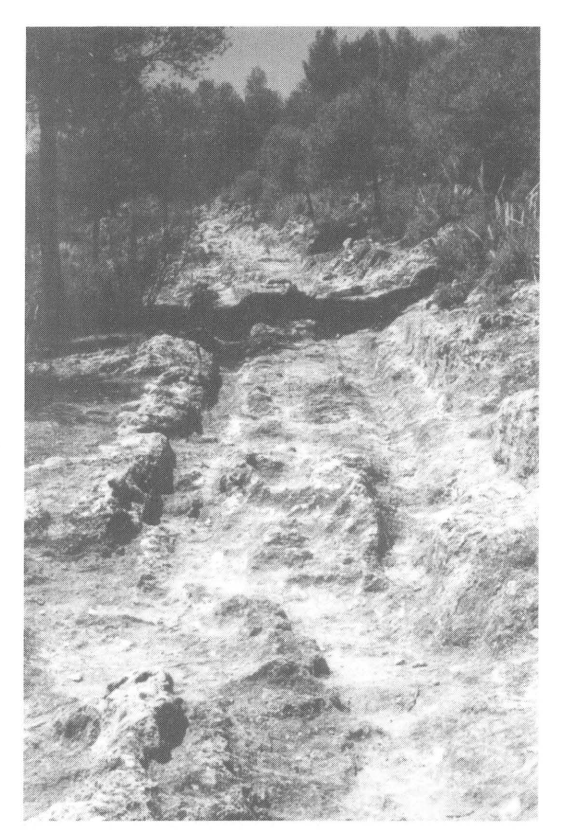


Figura 3
Calzada con huellas dejadas por los carros

ria prima que de allí se obtenía, coincidiendo además la métrica de los sillares y la vía de comunicación que prácticamente pone en contacto el lugar de extracción con el asentamiento, nos hacen pensar en su estrecha relación. Ello nos indica la puesta en explotación de estos afloramientos rocosos al menos desde el s. I d. C., momento que concuerda con el de proliferación en el Valle del Cubillas de pequeños asentamientos rurales en lomas y laderas tipo villa, que perdurarán hasta bien entrado el S. III d. C. y en algunos casos hasta el siglo V, momento en que cambia el patrón de asentamiento localizándose en los cerros próximos (Orfila *et Al.*, en prensa a) , con mayores posibilidades de defensa y que nos permiten pensar en el total abandono de la cantera, tanto por las dificultades de transporte que conllevan los nuevos asentamientos como por la disponibilidad que tienen de materia prima y los cambios de técnicas constructivas.

Como ya hemos mencionado, esta cantera está ubicada a escasos metros de una villa romana de cronología alto imperial, y hacia donde discurre uno de los tramos de la calzada comentada (Raya *et Al.*:1989; 811).

La relación causa-efecto con la villa que la cantera tiene en sus inmediaciones es difícil de aclarar. Tanto sí el inicio de la explotación de la cantera pudo ser paralelo al de la villa y motivado por la necesidad de materia prima para su construcción, como a que el inicio fuese consecuencia del asentamiento de la villa que pudo tratar la cantera como un recurso complementario a los restantes recursos naturales.

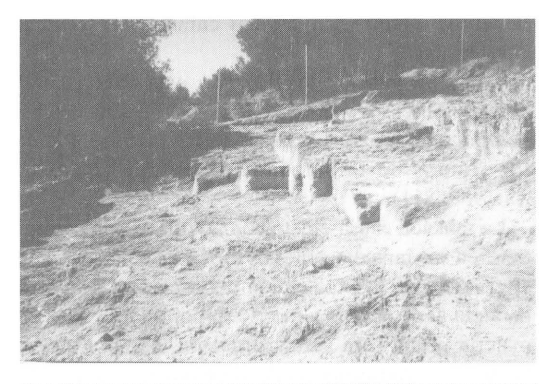
DESCRIPCIÓN DE LA CANTERA

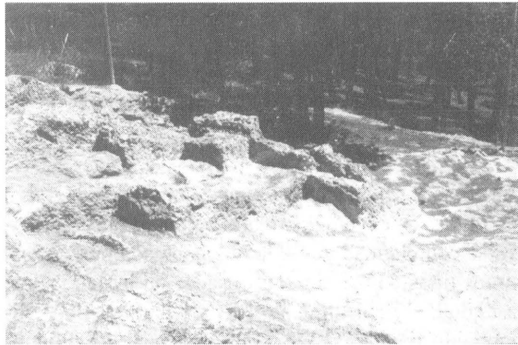
La cantera se caracteriza por ser una explotación al aire libre, en cuyo registro arqueológico puede observarse con claridad desde la huella dejada por los distintos tipos de herramientas usadas en la extracción, así como el procedimiento seguido para tal fin, testimoniado por la existencia de una serie de bloques que se quedaron sin extraer.

Varios son los frentes de cantera existentes en la zona inmediata a la villa, principalmente en torno al tramo de calzada mencionada anteriormente.[3] Pero sólo uno de estos frentes se excavó en la intervención arqueológica realizada en 1985 (figuras 4 y 5). Es por ello que este frente de cantera es el que mayor cantidad de datos ha proporcionado a nuestro estudio.

En esta zona de cantera excavada se han estimado algo más de 158 m^3 de piedra obtenida, aunque es complicado calcular el volumen total de extracción al existir otros frentes que se hallan colmatados por depósitos sedimentarios procedentes del derrubio de las laderas superiores. Además, la cantidad verdaderamente aprovechable debió de ser ligeramente inferior como consecuencia de la cantidad de debrís resultantes y del mismo sistema de explotación.

En base a las trazas que la excavación arqueológica puso al descubierto, hoy en día podemos conocer que las dimensiones de los bloques de piedra que se extraían variaban entre los 2'3 × 1'59 × 1'14 mtrs.; 1'23/1'1 × 0'83/0'85 × 0'55/0'53 m y 0'7 × 0'56 × 0'24 m (figura 6). Probablemente algunos de





Figuras 4 y 5
Frente de cantera excavado

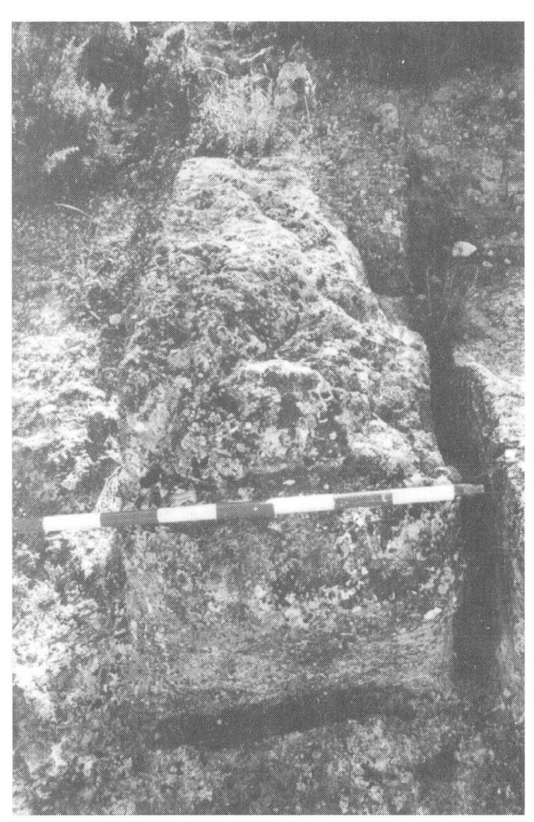
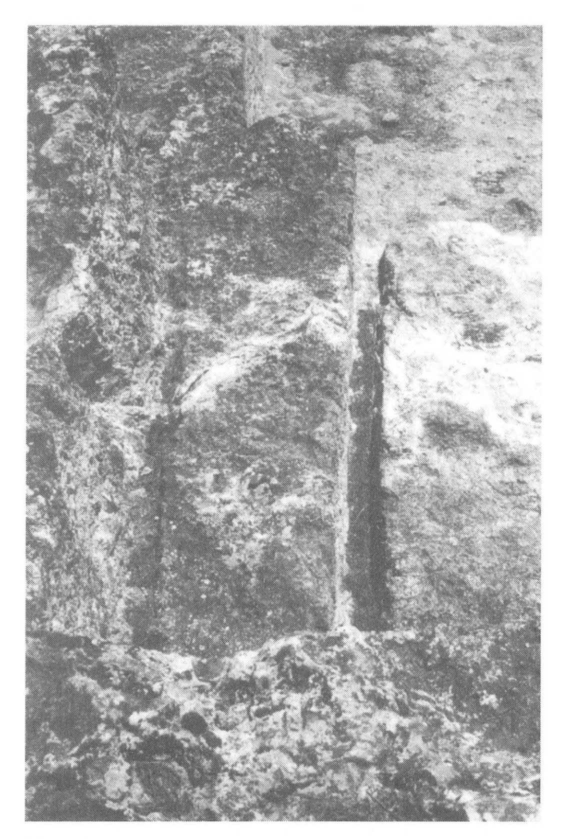


Figura 6
Bloque de piedra en proceso de extracción

los bloques de mayores dimensiones obtenidos se subdividieran a su vez en otros de menor tamaño. A la par tenemos que tener presente que estos tamaños corresponden a bloques de cantera pero que posiblemente no correspondan al tamaño de los sillares empleados en las construcciones. Además, en algunas ocasiones una extracción efectuada de forma incorrecta repercutía sobre el volumen final del bloque, por lo que se reducían sus dimensiones notoriamente. Varios son los ejemplos que han quedado bien documentados en la cantera de la villa del Cortijo del Canal.

Por otro lado, las superficies de los bloques de piedra eran regularizadas una vez extraídos, con la consiguiente pérdida de masa que esto suponía. Por todo esto es difícil concretar en los restos de la cantera modulaciones en base a los patrones de medida romanos.

La técnica de extracción que se puso en práctica ha quedado fosilizada sobre el registro. Una vez desmontada la roca para dar comienzo a la explotación en un punto de la cantera, se delimitaba la superficie a extraer practicando un surco o roza con ayuda de distintas herramientas de hierro (las rozas presentan en su parte superior una anchura entre los 15 y 9 cm y entre 9 y 6 cm en la inferior y una altura que ronda los 53 cm[4] (figura 7). En cambio, las huellas dejadas por las herramientas sobre la superficie ocosa oscilan entre los 2; 2'5; 3 y 5 cm) en dos de sus lados que forman ángulo. En los otros dos lados restantes se introducían una serie de cuñas distanciadas unas de otras unos 20-30 cm. La presión de estas cuñas, que pudieron ser de madera humedecidas, rajaba la roca hasta desprender el bloque de piedra. También se encuentran representadas las huellas dejadas por los cuñeros sobre la roca. Como es lógico se encuentran alineadas, en este caso has-


Figura 7
Detalle de las huellas dejadas por las rozas al extraer un sillar

ta 6. Estas huellas superficiales tienen unas dimensiones de 7 × 7 cm y 7 × 10 cm.

La fractura irregular que se produce en este tipo de rocas hacía necesario en algunos casos regularizar la superficie dejada tras una extracción incompleta, aunque hay algunos casos donde se deja de extraer ante dicha dificultad. Esta regularización de la superficie queda testimoniada también en las canteras de Lens (Bessac:1996;103).

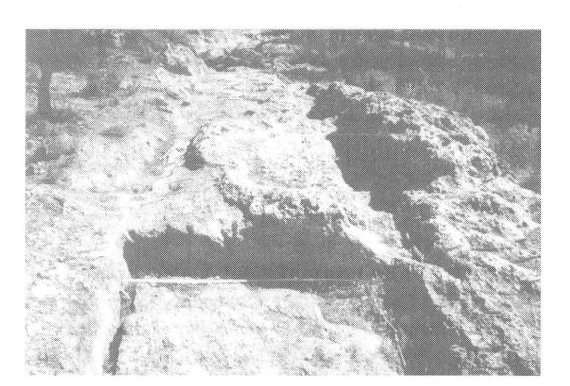
En un momento difícil de precisar, las tareas de extracción se detienen y el lugar de explotación se abandona, lo que viene avalado por la existencia de algunos bloques que se dejaron preparados para una extracción que no llegó a concluirse. Además llama la atención el hecho de que un tramo de la vía se utilizara incluso para extraer piedra. Lo que debió implicar una anulación de su función propiamente dicha, como se puede apreciar en la figura 8.

Por un lado, pensamos, dadas las características de la explotación (la no extracción de materiales nobles, la calidad de la piedra, ...), que las canteras estarían en manos de los particulares de las villas, lo que estaría en relación con el destino último de la producción, que en este caso serían los asentamientos del ámbito local, circunscrito a los límites del valle.

En este sentido, hemos intentado demostrar la utilización de estos recursos pétreos en la construcción de los asentamientos del valle (además de la villa romana del Cortijo del Canal, están la del Pantano del Cubillas y de Lapuente), existiendo la posibilidad de constatar en las primeras fases de construcción de las mismas el empleo de sillares con una métrica y una modulación de los paramentos que podría ajustarse a la documentada en la zona de cantera, junto al uso de sillarejo procedente de la cercana cantera. Esto se ha intentado establecer en base a criterios macroscópicos: textura de la roca, color, granulometría, composición, improntas de los tallos cementados, etc.

Aunque en última instancia, la constatación fehaciente de esta idea ha de venir avalada por la aplicación de técnicas arqueométricas (análisis microscópicos, espectrográficos, etc.), ya que por el momento no nos ha sido posible hacer uso de este tipo de análisis por el reducido alcance del estudio que se ha emprendido.

En estrecha relación con el destino y uso de los sillares, además habría que barajar la posibilidad de su empleo en la construcción de distintas obras hidráuli-


Figura 8
Aprovechamiento de un tramo de la calzada como lugar de extracción de piedra

cas que se distribuyen a lo largo del valle. Concretamente son dos azudes conocidos con el nombre de Barcinas y Vieja de Deifontes, cuyas pantallas o muro de contención están hechas a base de una mampostería de sillares bien escuadrados. La construcción de dichos azudes hay que ponerla en relación con el momento de implantación de los asentamientos rurales del mismo valle, y por tanto, en el momento de explotación de las canteras, a partir del S.I d.C.

A falta de indicios cronológicos que faciliten obtener una cronología bien definida, sus excavadores optaron por situar el comienzo de la explotación a mediados del S.I d.C., momento inicial y más importante de la cercana villa, según los sillares utilizados en gran parte de la construcción de la misma. El abandono de la cantera debió de producirse antes del S.III d.C., dado que en la fase final de ocupación de la villa (hasta el S.IV d.C.) no se aprecian restos constructivos que denoten la utilización de material pétreo procedente de la cantera (*Raya et Al.*: 1989;812).

Bibliografía

Adam, J. P. (1989), *La construction romaine. Matériaux et techniques*. París.

Bessac, J. C. (1996), *La pierre en Gaule Narbonnaise et les carrieres du bois des Lens (Nîmes). Histoire, Archéologie, Etnographie, et Techniques. Journal of Roman Archaeology*. Supp. Ser. N. 16. Ann Arbor, Michigan.

Canto, A. M.ª (1977-78), «Avances sobre la explotación del mármol en la España Romana». *Archivo Español de Arqueología*, 50-51. Madrid. Pp. 165-188.

Cisneros Cunchillos, M. (1989-1990), «Sobre la explotación de calizas en el sur de España en Época Romana: Canteras de Gádor (Almería), Atarfe (Granada), Antequera (Málaga) y Cabra (Córdoba)». *Cesaraugusta*, 66-67. Zaragoza. Pp. 123-142.

IGME (1988), *Mapa Geológico de España. Granada.* Madrid.

Jábalo y Sánchez, M.ª Encarnación (1987a), «Excavación de urgencia en la villa romana del Cortijo del Canal (Albolote, Granada), 1985». *Anuario Arqueológico de Andalucía, 1985*. T. III. Sevilla. Pp. 150-154.

Jabaloy, M.ª Encarnación (1987b): «La villa romana del Cortijo del Canal (Albolote, Granada)». *Homenatge a Josep Estrada i Garriga. Jornades Internacionals d'Arqueología Romana.* 5, 6, 7 y 8 de febrer de 1987. Granollers. Pp. 490-497.

Jiménez, Alfonso (1975), «Esquema de las obras de cantería de la Bética». *Congreso Nacional de Arqueología*, XIV. Zaragoza. Pp. 1153-1160.

Orfila Pons, Margarita; Jiménez Terrón, Inmaculada; Burgos Juárez, Antonio; Casado Millán, Pablo-Jesús y Castillo Rueda, Manuel Ángel (en prensa): «Prospección superficial en el valle medio del río Cubillas (Granada). Aproximación al conocimiento de sus sistemas hidráulicos». *Anuario Arqueológico de Andalucía, 1992*. T. II. Sevilla.

Ramallo Asensio, Sebastián y Arana Castillo, Rafael (1987), *Canteras romanas de Carthago Nova y alrededores (Hispania Citerior)*. Murcia.

Raya de Cárdenas, María; Ramos Lizana, Manuel y Toro Moyano, Isidro (1989), «La villa romana del Cortijo del Canal (Albolote, Granada). Aportación al conocimiento de la economía y población del siglo I al IV en el Sudeste de la Península Ibérica». *XIX Congreso Nacional de Arqueología*. Vol I. Zaragoza. Pp. 803-822.

Raya de Cárdenas, María; Ramos Lizana, Manuel y Toro Moyano, Isidro (1990), «Excavaciones de urgencia relativas a la villa romana del Cortijo del Canal». *Anuario Arqueológico de Andalucía, 1987*. T. III. Sevilla. Pp. 225-232.

Walker, Susan (1984): «Marbre origins by isotopic analysis». *World Archaeology*, 16, nº. 2. October 1984. Pp. 204-221.

Notas

1. Los afloramientos de travertinos s. str. que afloran en las inmediaciones del la villa del Cortijo del Canal, al norte del actual Embalse de Cubillas, están constituidos mayoritariamente por moldes de restos vegetales cementados como consecuencia de una precipitación rápida de carbonatos, entre los que se encuentran estratificadas lentejones detríticos de conglomerados y arenas (IGME:1988;51).
2. Un tramo de vía coincide con el actual camino de los Esparteros. Partiendo de la carretera de Benalúa y discurre sobre la terraza derecha del Cubillas, descendiendo después al nivel del río en la Vega del Cojil, para salvar un pequeño barranco y remontar nuevamente hasta al terraza (...) La villa podría estar comunicada hacia el Sur y hacia el Norte. En esta dirección continuaría con toda probabilidad en una vía que se dirigía hacia Deifontes (...) hacia el Sur se pondría en comunicación con *Ilurco* e *Ilíberris*, en base a un puente romano que referencian Góngora y Gómez-Moreno (Raya, Ramos y Toro, 1989:811)
3. En las prospecciones llevadas a cabo en 1985 se pudo documentar un frente de canteras en línea algo mayor a tres kilómetros de longitud, y que abarcaría aproximadamente desde el Cortijo del Cojil hasta las proximidades del Cortijo de Silva (Raya *et Al.*:1989;812).
4. Estas medidas obtenidas en la cantera de la villa del Cortijo del Canal vienen a coincidir con las de la cantera de Mathieu, en la zona de Lens (Bessac:1996;210-214).

Técnicas constructivas en la arquitectura doméstica de los moriscos granadinos

Antonio Orihuela Uzal

Después de la Capitulación de Granada, los andalusíes del desaparecido reino nazarí, tras una breve etapa en la cual disfrutaron de la consideración de mudéjares, fueron obligados a la aceptación del cristianismo, convirtiéndose en moriscos al iniciarse el siglo XVI. Este proceso de aculturización forzosa tuvo menos influencia en la arquitectura que en otros aspectos de su cultura material y costumbres. Las técnicas constructivas, decorativas y características tipológicas de la casa nazarí se mantuvieron vivas en la arquitectura doméstica de los moriscos, hasta su expulsión definitiva a comienzos del siglo XVII, e incluso fueron llevadas a sus lugares de emigración en el Magreb. Las influencias castellanas se manifestaron principalmente en los motivos decorativos tallados en zapatas y canecillos de madera, así como en la disposición de más galerías en los patios, para facilitar la circulación en las plantas altas.

La vivienda morisca solía tener dos plantas, aunque con frecuencia existía una tercera planta sobre una o dos crujías, la cual, a veces, quedaba reducida a una simple torre-mirador. Se desarrollaba siempre alrededor de un patio, dotado de pórticos, con galerías en las plantas altas. El número de crujías variaba entre dos y cuatro, con anchuras reducidas que estaban comprendidas entre 2,5 y 3 metros. Son muy escasos los edificios dotados de sótano, el cual, en todo caso, se limitaba a un solo lado del patio.

El carácter introvertido de la vivienda morisca se manifestaba en la casi total ausencia de huecos abiertos en las fachadas exteriores, con excepción de las sobrias portadas con arcos de ladrillo, de medio punto o ligeramente apuntados, que solían estar enmarcados por un alfiz.

Con la excepción de las casas más modestas, era frecuente que estuvieran dotadas de agua, distribuida por acequias y tuberías de atanores cerámicos, que era almacenada individualmente en tinajas o aljibes. También contaban con sumideros en el patio y letrina, conectados ambos a la red de saneamiento mediante atarjeas de ladrillo.

Para estructurar las comunicaciones en la planta alta de la vivienda eran necesarias las galerías, situadas sobre los pórticos de la planta baja. El número y emplazamiento tanto de éstos como de aquellas variaba entre uno y cuatro, dependiendo del tamaño y forma del patio, disposición de las crujías y orientación. Gracias a la existencia de galerías suficientes, una sola escalera, situada en una de las esquinas del patio, era bastante para acceder a la planta alta. En caso de tener torre o segunda planta, otra escalera de menor entidad permitía subir hasta ella.

Los pórticos limitaban unos espacios intermedios entre las salas y el patio, denominados cenadores, protegidos de los agentes meteorológicos. En la arquitectura morisca la sustentación de los alfarjes que constituían los techos de estos cenadores, se resolvía de varias formas: mediante grandes jácenas de madera con apoyos solo en pilastras adosadas a los muros testeros o, también, en soportes centrales, vigas embrochaladas en otras por uno o sus dos extremos, y en voladizo mediante dobles canes empotrados en los muros.

Se puede establecer la evolución desde el tipo na-

zarí de mansión con uno o dos pórticos situados en los lados menores de patios rectangulares, hasta la casa morisca con galerías en los cuatro lados, de influencia castellana, sobre todo procedente de Toledo. Las demás características como la entrada con zaguán en recodo, disposición de salas principales en los lados menores del patio, presencia de alberca en el centro del mismo, etc., siguieron fieles a la tradición nazarí.

Debido a las limitaciones de espacio de esta ponencia, a modo de ejemplo, se acompaña la planimetría de solo dos casas, de diferentes características, ubicadas en el barrio del Albayzín, como la gran mayoría de las que se conservan actualmente. La situada en la Calle Yanguas, nº 2, tiene tres crujías, con una sola galería (figuras 1-2) La otra, ubicada en el Callejón de San Luis Alto, nº 9, consta de dos crujías y tres galerías (figuras 3-4).

Las *técnicas constructivas* y elementos arquitectónicos más utilizados fueron las siguientes.

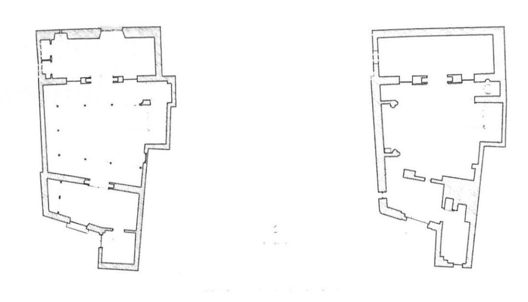


Figura 3

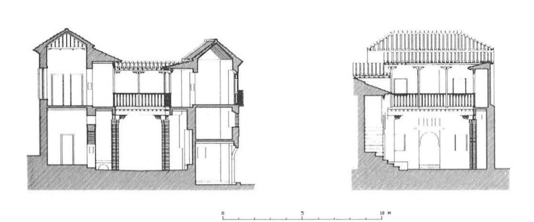


Figura 4

Las técnicas constructivas

Muros

Tapial, tapial encintado, con separación de cajones de hasta tres hiladas de ladrillo y mampostería encintada. Esta última se solía emplear en cimentaciones y partes bajas de los muros, por su mejor comportamiento ante la acción de las humedades ascendentes. El encintado se reforzaba verticalmente con pilastras de ladrillo, las cuales, a veces, se ampliaban dando lugar a paños de muro de este material. El tapial solía ser de color grisáceo y pobre en cal grasa. El grosor variaba entre 45-55 cm. en planta baja y entre 35-45 cm. en las plantas altas.

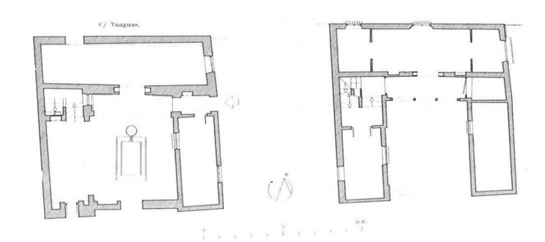


Figura 1

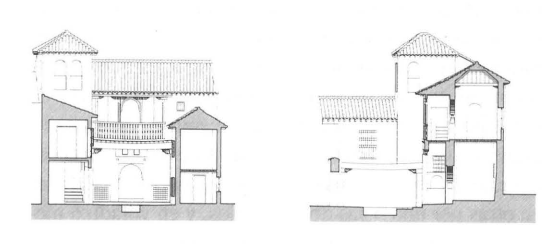


Figura 2

Soportes de pórticos (pl. baja)

Pilares de ladrillo redondos, cuadrados u octogonales. Columnas nazaríes reutilizadas de mármol blanco de la Sierra de Filabres (Almería) o de nueva talla, en cuyo caso solían ser de tipo toscano, realizadas con la caliza marmórea de color gris de Sierra Elvira (Granada).

Soportes de galerías (pl. alta)

Pies derechos de madera, de sección cuadrada o rectangular, hasta la altura del remate de la baranda, y circular, ovalada u octogonal, desde ese punto hasta

poco antes de llegar a la zapata. Ahí vuelven a pasar al cuadrado o rectángulo mediante un pequeño adorno de mocárabes, o bien, de molduras de tipo gótico.

Zapatas

Estos elementos, no utilizados en la arquitectura nazarí, reflejan la penetración de los estilos aportados por los castellanos. Las situadas sobre pilastras y columnas en la planta baja eran de tamaño mucho mayor que las ubicadas sobre los pies derechos de las galerías. Primero aparecieron las lobuladas y de tracería gótica, en la tercera década del siglo XVI las renacentistas y despues de mediar el mismo las manieristas. En algunas ocasiones presentaban tallas con motivos antropomórficos y zoomórficos.

Barandas de las galerías

Tenían dos tipos de balaustres, rectos con sección lobulada circunscrita en un cuadrado girado 45º respecto a la dirección de la galería, o torneados. Los primeros seguían esquemas góticos, mientras que los segundos se inspiraban en modelos renacentistas. Estos, a veces, presentaban semibalaustres adosados a los pies derechos.

Techos

Las plantas bajas, pórticos y galerías se cubrían con alfarjes constituidos normalmente por alfarjías, cintas y tablazón. En casos excepcionales, para crujías de luces mayores, se usaban alfarjes de doble orden de vigas, llamadas jácenas y jaldetas, sobre las que se colocaban las cintas y la tablazón. Las soluciones más modestas prescindían de las cintas, cuya misión era tapar las juntas entre las diversas tablas.

Las plantas altas y torres se cubrían con armaduras de par y nudillo, par e hilera, y de pares sin hilera. Este último sistema, de poca justificación técnica, era bastante utilizado. El difícil encuentro entre la tablazón de las dos vertientes del tejado se ocultaba en la cumbrera mediante unas tablillas horizontales situadas entre los pares. Estas evitaban el movimiento horizontal de los pares, habitualmente impedido por la hilera. Las armaduras solían tener varias parejas de tirantes para evitar los posibles empujes sobre los muros. Las de mayor luz disponían también de cuadrales en las esquinas. Tanto los tirantes como los cuadrales se apoyaban sobre zapatas talladas, que en el caso de éstos últimos eran de gran complejidad por tener su planta romboidal.

Tejados

Eran de teja curva, con pendientes a dos o cuatro aguas, que se reducían a una, hacia el patio, cuando había medianerías. Los tejados antiguamente englobaban en un mismo faldón la vertiente de cada crujía hacia el patio y su pórtico correspondiente, aunque esta disposición ha sido sustituida en la mayoría de las restauraciones modernas por faldones independientes, con un mínimo desnivel entre ellos. Sobre la tablazón en alfarjes y armaduras se disponía un relleno o alcatifa, de tierra o escombros, de unos 10-20 cm. de espesor, con objeto de lograr el aislamiento térmico y acústico.

Aleros

De madera, con canecillos de tipo nazarí (reutilizados), con talla de ochos en sus costados, o bien, de tracería gótica, lobulados o de cartelas. También los hacían de ladrillo, con una o dos hiladas formando dientes de sierra, utilizados exclusivamente en fachadas a la calle. En algunas ocasiones, los de este tipo estaban ligeramente inclinados hacia arriba, siguiendo la tradición nazarí.

Escaleras

Tenían un carácter exclusivamente funcional, con escaso ámbito y ausencia de decoración. Se desarrollaban alrededor de un machón central, cuadrado o rectangular. Eran muy empinadas, con tabicas que casi igualaban, o incluso superaban, en dimensión a las huellas. Sus mesetas estaban partidas por la diagonal, formando escalones llamados de pañoleta. Los peldaños se revestían de baldosas cerámicas, excepto en el canto que se resolvía con mamperlanes de madera o alizares de cerámica.

TÉCNICAS DECORATIVAS

Yeserías

En arcos de acceso a las salas, tacas o pequeñas hornacinas situadas en las jambas de aquellos y recercados de alacenas, colocadas en el interior de las salas a ambos lados de su vano de entrada.

Alicatados

En zócalos, jambas de puertas y almatrayas o cuadros de piezas vidriadas situados en el pavimento de las salas principales frente al arco de acceso.

Pintura mural

Las albanegas de los arcos, en algunas ocasiones presentaban decoración tallada hacia el patio y pintada hacia el interior de la sala.

Pintura de techos

Siguiendo la costumbre nazarí, los alfarjes y armaduras solían estar pintados con decoración vegetal y geométrica, en general. El arrocabe podía tener decoración epigráfica y, en casos excepcionales, zoomórfica.

Carpintería

El portón de acceso desde la calle era de forma rectangular, situado por el interior del arco de la portada. Estaba constituido por una sola hoja de gran tamaño, que giraba sobre una quicialera cajeada en el dintel de madera. Tenían grandes tableros verticales al exterior, sujetos con clavos de cabeza redonda o gallonada a los peinazos interiores. Debido a su gran tamaño y peso, se abrirían en pocas ocasiones, usándose preferentemente el pequeño postigo que siempre existía en su centro.

Las puertas de las salas principales eran de tornos, con gorroneras de madera tallada y quicialeras sencillas de piedra o mármol. Las construidas según la tradición nazarí tenían tableros con decoración ataujerada y clavos en su anverso y peinazos en su reverso, los cuales quedaban ocultos al abrir las hojas por completo. Las de gran tamaño tenían uno o dos postigos, de escasa altura, que permitían el paso en invierno cuando las hojas estaban cerradas. Las de tradición castellana se construyeron con peinazos y cuarterones tallados a una o dos caras, con motivos acanalados en posición vertical o de «servilleta», así llamados por imitar un paño plegado.

Las alacenas se cerraban con dos hojas de madera, con cuarterones acanalados. Las escasas y reducidas ventanas al exterior tenían carpintería con cuarterones lisos, dotadas de postigos, pero sin vidrios.

No quiero finalizar sin lamentar que la desaparición de las casas moriscas del Albayzín no ha logrado ser frenada por el Plan Especial de Protección y Reforma Interior del barrio, aprobado en el año 1990, ni tampoco por la declaración de éste como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, en 1994. Sin embargo, todavía se conservan más de tres docenas de estas casas prácticamente completas, aunque la mitad están en mal estado. Se trata de un conjunto de un gran interés histórico y artístico, en el cual se manifestó por última vez el excelente nivel conseguido por la arquitectura residencial andalusí.

Arcos, bóvedas y techos en la construcción etrusca

Francisco Ortega Andrade

Cualquier trabajo que emprende el estudio de la civilización etrusca comienza por plantear el oscuro origen o la procedencia de este pueblo. Esto ocurre así desde la misma historia de la antigüedad. *Heródoto*, calificado como el «Padre de la Historia», al referirse a este punto, habla de una gran colonización, en el siglo XIII a.C. procedente de Lidia, en Asia Menor. *Diodoro* sostenía que los etruscos no tenían nada en común con los lidios y que si había que buscarles alguna similitud con algún otro pueblo sería con los pelasgos. *Dionisio de Halicarnaso* en el libro I de su «Historia Antigua de Roma» plantea que los tirrenos o etruscos pudieron ser una colonia autóctona del valle del Po. *Pallottino*, creador de la etruscología actual, quitándole interés a la búsqueda del origen del pueblo etrusco, vino a decir:

> ...preguntar por el origen de los etruscos es tan extemporáneo como preguntar de dónde vienen los franceses.

Sirva para concluir estas notas sobre la imprecisión del origen del pueblo etrusco recordar la frase de *Campigli:*

> el vocablo etrusco es tan atractivo que se emplea para todo lo que se comprende mal.

Con independencia de su origen, es obvio que el pueblo etrusco mantuvo un espíritu más abierto que el resto de los otros pueblos que poblaban la península italiana, y su arte en todas sus manifestaciones, muestra clara influencia, primero oriental, y muy pronto, griega. El concepto de lo sagrado y la afinidad de la de la arquitectura y, más concretamente, de la arquitectura funeraria de la Toscana y la de Oriente no es una casualidad. Las «tumbas rupestres» del «Período Jónico etrusco» con sus fachadas esculpidas en el rocoso acantilado de *Sovana, Norchia y Castel d'Asso*, mantienen un total parentesco con las dispuestas en las plataformas de Anatolia.

La construcción funeraria etrusca podemos, ahora, calificarla como de ampliamente documentada, y el esfuerzo realizado para ello está justificado porque pronto se vio que la relación entre la tumba, la casa y el templo, o entre la polis y la necrópolis, no fue sólo una vinculación física sino que entre la sociedad de vivos y la comunidad de muertos, existían razones metafísicas de coexistencia. Admitidas las cosas así, desde ciencias más profundas que la nuestra, nosotros podemos constatar que sólo desde la «arquitectura para muertos», de este pueblo, se puede conocer, no sólo la «arquitectura para vivos» sino toda la estructura socio-política y la vida familiar de esta sociedad organizada en doce «ciudades-estados» (figura 1).

Así, desde la organización interior de los «túmulos monumentales» de Cerveteri no sólo se restituye la estructura de la casa e incluso del templo, sino que se descubre fácilmente la existencia de la estructura aristocrática de este pueblo, que terminó constituyéndose y gobernándose por una oligarquía de principa-

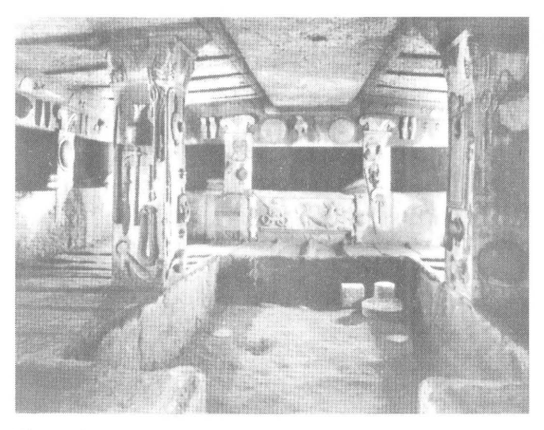


Figura 1
Cerveteri. s. VII-V. Necrópolis de la Benditaccia. Tumba de los Relieves

dos independientes y que dio paso, más tarde, a la Roma republicacana.

LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA DEL SUELO COMO CONDICIONANTE DE UNA FORMA DE CONSTRUIR

El pueblo etrusco se estableció en la Italia Occidental, en el área definida por el triángulo rectángulo cuyo cateto menor dibujaría la cuenca del Río Arno, por el Norte; la costa del Mar Tirreno definiría la hipotenusa de esta figura geométrica y las laderas apeninas del Tiber, su tercer lado. Es decir en la zona comprendida entre las ciudades que hoy conocemos como Bolonia, Florencia y Pisa por el Norte, y Roma y Palestrina por el sur. Es decir, un área que coincide sensiblemente con la Región toscana de la Italia actual. La parte oriental de la Península estaba ocupada por otros pueblos: ligures, latinos, umbros y samnitas, entre otros. En la parte sur de Italia y en Sicilia se instalaron los griegos, espacio que como sabemos se denominaba «Magna Grecia». Ambos pueblos, aunque mantenían relaciones comerciales muy íntimas, se disputaron durante algún tiempo la hegemonía del Mediterráneo (figura 2).

El cauce del río Tiber discurre, en su cabecera por un suelo de formación «Cuaternario Continental» para continuar su cause medido por una plataforma del *Plioceno marino*, de forma que las márgenes de dicho río se conforman por un terreno accidentado de piedra calcárea y mármoles, que se acompañan en menor escala de rocas arcillosas y areniscas. En esta parte interior del país, en el arco occidental de los Apeninos, se asentaron: *Quinto Fiorentino* y *Fiesole* (junto a la actual Florencia), *Arezzo, Cortona, Chiusi* y *Perugia* (junto al Lago Trasimeno).

En la zona costera, tras superar la «Plataforma Aluvial» que discurre hasta bordear la margen derecha del Tiber aparecen en el Norte nueva elevaciones de piedras calcáreas y mármoles. Aquí se emplazaron: *Volterra* y *Casale Marítimo* (cerca de la actual Siena), y las veteranas villanovienses *Populonia, Vetulonia* y *Marsiliana* (frente a la Isla de Elba).

En el Sur del País, donde se desarrolla la parte de mayor interés para nuestro estudio, se encuentran las elevaciones volcánicas en cuyo centro se localizan los lagos de Volsena, Vico y Bracciano. En torno a ellos el suelo se conforma por la conocida roca «Tufa Volcánica». En la parte alta de esta ancha zona de lagos y volcanes, cuando el esplendor etrusco encontraba su mejor momento, siglo VI-V, se fundaron: *Orvieto, Sovana, Viterbo, Castell d'Asso, Norchia* y *Falerii Novi*. En la zona costera de esta misma área geológica y en el mismo período señalado, se esta-

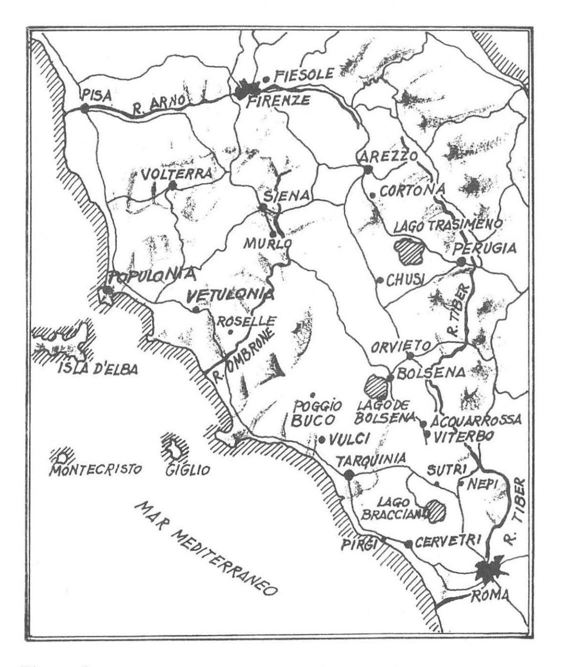


Figura 2
Emplazamiento de los asentamientos etruscos

blecieron: *Vulci, Tarquinia y Cerveteri*, localizaciones cuyas necrópolis han acumulado el mayor interés de la investigación por la construcción funeraria etrusca.

La tufa volcánica es un material pétreo, relativamente blando en su humedad de cantera, que ofrece gran facilidad para ser cortado en losas o bloques e igualmente fácil para la construcción subterránea. Los etruscos, aprovechando dichas propiedades, desarrollaron la *tumba de habitación, excavada,* y más tarde, los cristianos, las catacumbas. En su humedad de equilibrio, se muestra ideal para ser esculpida y para servir de soporte a la pintura al fresco. Las tumbas de Tarquinia han mantenido sus frescos en muy buenas condiciones.

Estas condiciones ideales de la tufa hizo, con independencia de otras razones de ritos y creencias, que la tumba excavada y el tholo «tumba-habitación» semiexcavado, cubierto con falsa bóveda, generando suaves túmulos, se desarrollaran abundantemente por esta mitad sur del país. En el Norte, el suelo era muy distinto, áreas rocosas calcáreas más duras, que hicieron que la tumba excavada fuera poco frecuente. No obstante el «tholo-túmulo» como pieza de la necrópoli fue una constante extendida por todo el país.

LOS ELEMENTOS BÁSICOS DE LA CONSTRUCCIÓN ETRUSCA. EL CAVAEDIUM TUSCANICUM Y EL TECHO DE LA TUMBA EXCAVADA

Algunos autores han expresado, en relación con la arquitectura etrusca, que no existió una idea propia de arquitectura ni se dio la elaboración coordinada de los elementos de un edificio culto ni intelectual. Por otro lado, es lógico que este pueblo que alcanzó su mayor esplendor en base a su rica metalurgia, lograra en el trabajo en bronce y en la orfebrería, un mayor desarrollo. De todas formas hemos de admitir, como nos ocurre a nosotros, que alguien que estudie con relativa profundidad la actividad artísticas o la vocación de este pueblo por producir y atesorar objetos de arte, encuentre en otras actividades como la pintura, la música, la hidráulica aplicada a la agricultura, e incluso el matriarcado y la vida familiar de la sociedad etrusca, mayor atractivo para su investigación. No obstante no puede negarse la contribución etrusca a la Historia de la Arquitectura y desde luego, su importante aportación a las formas de construir. Una mínima labor de análisis, que se lleve a cabo sobre la ejecución del *Arco de entrada a la ciudad de Falerii Novi,* o sobre la composición y los elementos que conforman *las puertas de Perugia,* o sobre los techos de las tumbas esculpida, *tumba-habitación o casa de los muertos* en *Corneto* o la de igual tipo «Tumba de los Volumnii» en Perugia, nos mostrará argumentos suficientes como para justificar nuestro empeño en sacar a la luz, valores positivos y originales de la construcción etrusca.

Es probable que fuera el «cavaedium tuscanicum» el elemento, cuya consecución, requería el mayor empeño del etruscos para la construcción y evolución de la casa. Este elemento constructivo o gran viga de madera que a modo de puente transversal salvaba la luz o distancia entre los muros laterales del atrium de la casa evolucionada etrusca, sin apoyos intermedio, tenía su origen en la viga principal que ocupaba la cumbrera o eje longitudinal de simetría de la primitiva «casa-choza» del Período Villanoviense. Esta, resolvía su cubierta vegetal, a dos aguas, con faldones vertiendo a las fachadas laterales. El cavaedium tuscanicum de la «casa etrusca» del siglo III-II, requeriría el auxilio, en la «villa romana», de columnas, colocadas en las esquinas del compluvium.

En el siglo VII a.C. aparece la «Tumba-habitación» que será la forma característica de la arquitectura funeraria de la toscana. Esta, se adoptaría en todas las villas costeras. Fue frecuente en el Norte, en las necrópolis de Vetulonia y en Populonia y en el Sur, en las conocidas necrópolis de Cerveteri y Tarquinia. Así, sería la cubierta de la casa villanoviense, que tanto se reprodujo en las urnas cinerarias construidas en laminas de bronce que aún se conservan, la que sirvió de modelo para los techos de artesa de las tumbas de habitación esculpidas en la tufa. De estos techos esculpidos, en los que se muestra toda la jerarquía de vigas, de las cubiertas de madera, son dignos de reseñar: el techo de artesa con conpluvium de la ya citada «Tumba excavada de Corneto»; el empinado techo de la «Tumba de los Volumnii», en Perugia; el techo plano de la «Tumba de las Sillas», en Cerveteri y el techo ligeramente inclinado del hall de la «Tumba de los relieves», también en Cerveteri (figura 3).

Hacia la mitad del siglo VI cuando la influencia jónica sucede al arte orientalizado, la forma de la tumba no cambia. No obstante, en la zona costera del norte, donde la arquitectura funeraria de Marsiliana,

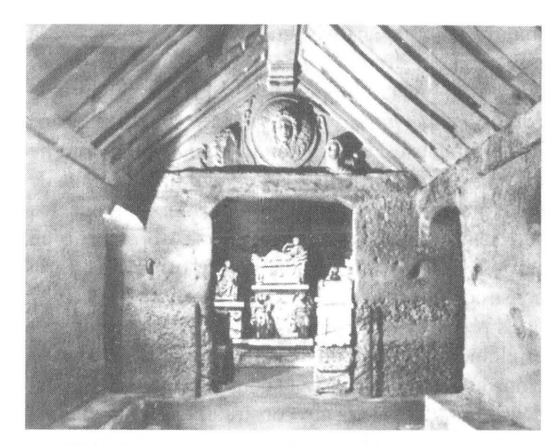


Figura 3
Perugia. s.III. Tumba de los Volumnii.

Vetulonia y Populonia había encontrado un amplio desarrollo y lujo, el enterramiento pierde su importancia y acaba su gran período de prosperidad. Por el contrario en el Sur del país, en las zonas volcánicas que no habían encontrado un gran desarrollo en el primitivo Villanoviense, nacen ahora nuevas ciudades con nuevas necrópolis. En Ceveteri, el túmulo continua una regeneración, la habitación mortuoria se decora arquitectónicamente y se enriquece aún más. En Tarquinia, la habitación rectangular se cubre de pinturas cada vez más abundante y con composiciones que llegan a cubrir las paredes. En Vulci, pasado el año 600 la tumba es una casona que comporta un espacio central abierto, alrededor del cual se emplazan toda una serie de habitaciones. El carácter de la tumba es de grandiosidad y majestuosidad incluso el color proporciona el carácter monumental. En Chiusi y Orvieto las necrópolis se extienden ocupando una gran extensión (figura 4).

La *tumba-habitación* encuentra aquí una dimensión nueva, las «Tumbas Rupestres» sobre los acantilados. Esta, la encontramos en Norchia donde ya hemos hecho referencias a la magnífica labra de los techos de sus tumbas. En Sovana y Castel d'Asso estas tumbas muestran la enorme imaginación oriental. Fachadas esculpidas se abren a gran altura, como en las tumbas rupestres de Anatolia. En Fiora, siguiendo el dromo de la *Tumba François* se desciende a 30 m de profundidad, entre dos paredes formidables de tufa. Valga sólo estas referencias para comprender, la maestría en el corte de la piedra, el sentido de la tumba y el esfuerzo de estos trabajos (figuras 5, 6 y 7).

LOS ELEMENTOS BÁSICOS DE LA CONSTRUCCIÓN ETRUSCA. EL ARCO Y SU INFLUENCIA EN LA ARQUITECTURA ROMANA

Desde que el arco de medio punto cuajara y se ejecutara con toda limpieza en las puertas de Babilonia, toda la arquitectura occidental es deudora de la arquitectura irano-persa. Los etruscos desarrollaron el arco de medio punto siguiendo la tradición micénica. Construyeron el arco con grandes sillares o dovelas pétreas, de aristas bien perfiladas. Se familiarizaron con el arco circular en la más pura traza de este elemento constructivo, es decir, conformándolo con dovelas radiales, todas de igual tamaño y de generatrices continuas, auxiliándose, para su construcción, de cimbras desde los arranques.

La inmensa similitud entre la bóveda de cañón circular de una galería micénica y el arco de entrada a las ciudades etruscas, puede verse, comparando la galería del Estadio de Olympia con las puertas de entrada a las ciudades de Falerii Novi, Volterra ó Viterbo, donde, en todos los intradoses, se logra la profundidad de la galería o la del arco, manteniéndo la continuidad de la generatriz, a pesar de construirse en base a arcos arrimados de dovelas de idéntico frente y distinta profundidad.

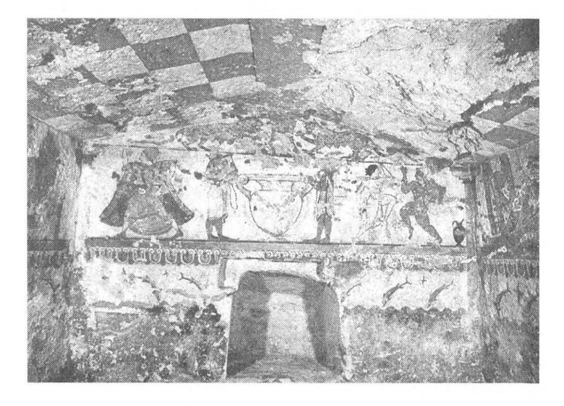


Figura 4
Tarquinia. s. VI. Tumba de Los Leones

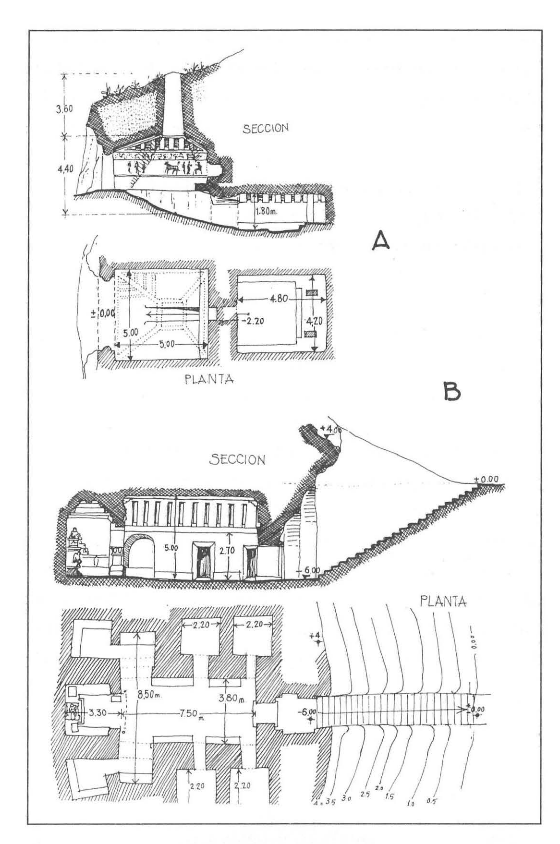


Figura 5
Techos: A.-Artesa en Corneto; B.-Volumnii en Perugia

Es más que probable que si la construcción etrusca no hubiese tenido al arco como uno de los elementos fundamentales de su construcción, el estudio de este período histórico, desde el punto de vista de la historia de la edificación, no mostraría demasiado interés. El arco de medio punto es una forma estructural traída de la Vieja Mesopotamia y propuesta definitivamente, por los etruscos, para la arquitectura de Occidente. Cuando Sila, en el Tabilarium, estableció los principios de la nueva arquitectura de Roma, fundió o superpuso los elementos clásico del helenismo, sobre el arco de medio punto presentado como hueco en la masa mural, impostado y adornado con arquivolta, que la herencia etrusca había regalado a Occidente (figura 8).

Los elementos básicos de la construcción etrusca. Formas que la falsa boveda tomó en la cubrición del tholo y en la formación del túmulo funerario etrusco

La incineración fue la forma de más propia del enterramiento etrusco. Aceptada desde los tiempos más remotos del período Villanoviense, permaneció fuertemente arraigada en la sociedad asentada en los centros del norte de la Toscana. las interminable urnas cinerarias que encontramos en Volterra, Chiusi y Arezzo, lo manifiestan claramente. Durante el siglo VI la inhumación, en desmesurado sarcófagos, se desarrolló, generando tumbas familiares «tumbas de habitación» en la forma de túmulos monumentales, excavados y rupestres. En Cerveteri, Taquinia, Perugia y Orvieto, las necrópolis, agrupaciones de muertos, ocupan una enorme extensión. Pero, el final de siglo V se caracteriza por una decadencia general de la arquitectura funeraria y los túmulos monumental de Cerveteri pierden su actualidad. En las sepultura, los artículos personales se mezclan y se pierde el carácter personal. Se recupera la incineración y se desdibuja la aristocracia en el enterramiento, denotándose en la evolución de la tumba, un cambio hacia la democracia. Durante la etapa helénica la decoración

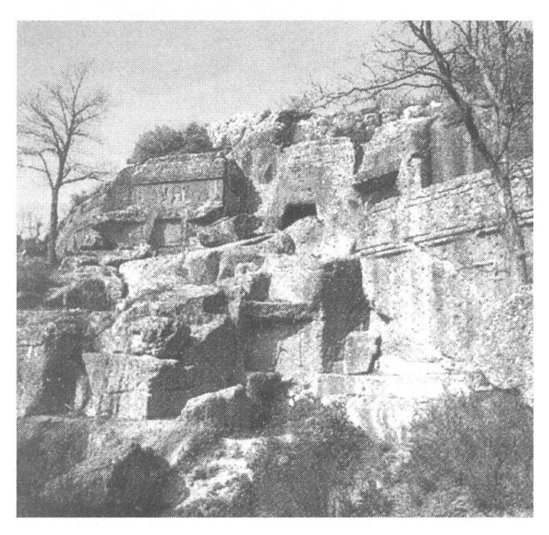


Figura 6
Tumba rupestre en Norchia s.V-IV. Necrópolis de Blera (superior derecha)

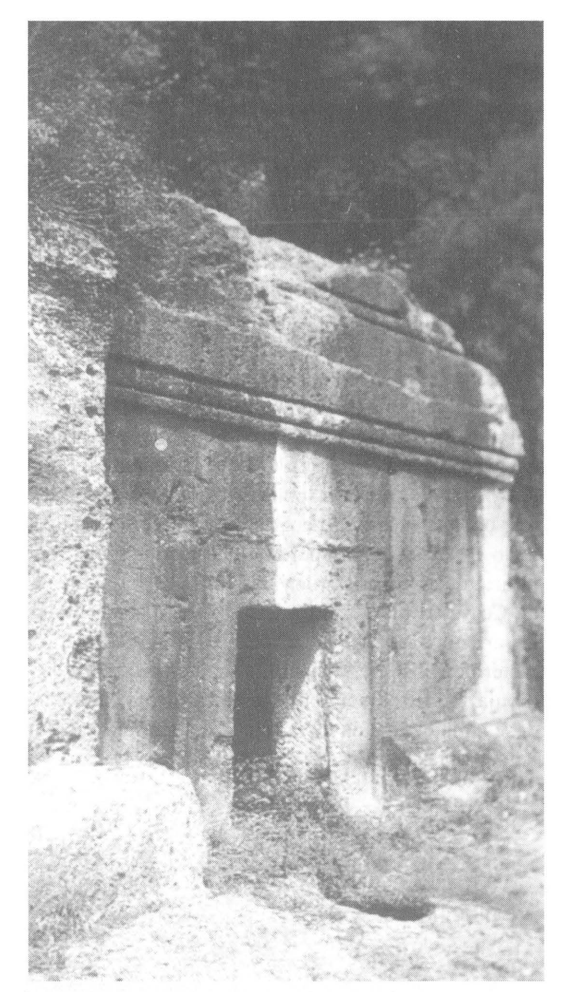


Figura 7
Tumba rupestre en Castel d'Asso. s.V-IV (inferior derecha)

de la tumba toma un estilo nuevo. La incineración y el tholo de moderadas dimensiones, en el que se guardarán las urnas cinerarias, alternará con la inhumación, desde este tiempo hasta el comienzo del Cristianismo.

El ensayo etrusco de la bóveda de dos dovelas, de origen egipcio, realizado en la primitiva «Tumba del Bronzeto del Oferente» en la vieja Populonia, no llegó a crear un modelo a seguir. Mayor fortuna tuvo la forma de cañón, igualmente triangular, con la que se habían cubierto las galerías de Tirinto. Nuevamente hemos de sorprendernos al contemplar la fiel similitud que existe entre las galerías de la señalada ciudad griega de la costa mediterránea del Asia Menor, con los «dromos» de los túmulos etruscos y, especialmente con el corredor de la «Tumba de la Montañola» en Quinto Fiorentino, donde sólo la perfección de la ejecutoria etrusca puede separar dichas construcciones (figuras 9 y 10).

Con todo, la forma constructiva más interesante para este estudio, en razón a la enorme frecuencia con que se da en todo el país, la constituye las cubrición de los tholos funerarios mediante las cúpulas o falsas bóvedas de hiladas planas avanzadas, colocadas totalmente horizontal.

Si la técnica de la construcción subterránea difiere según las regiones, el tholo-túmulo monumental o modesto, mantiene la misma ejecutoria constructiva, en todas las regiones. Se levantaban por hiladas o anillos planos superpuestos, donde cada piedra vuela ligeramente, no más de un cuarto de su superficie en tabla, sobre la inmediata inferior. Los sillares quedaban sometidos a un ligero mínimo de vuelco que era

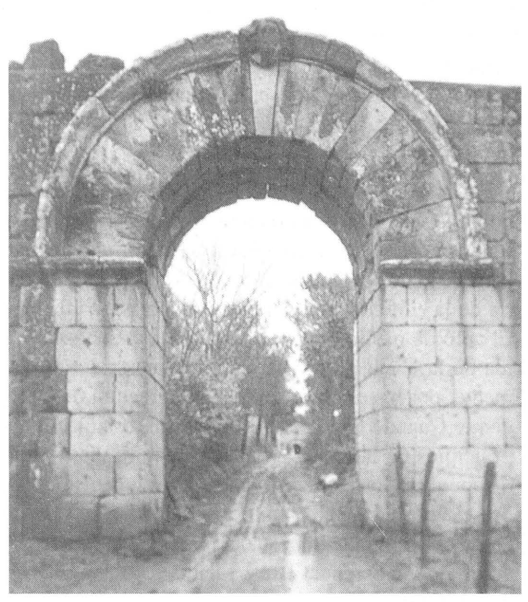


Figura 8
Puerta de Júpiter. Entrada a Faleri Novi. s. III

contrarrestado por el peso propio de la parte entregada o apoyada y por el peso de las tierras superpuestas que iban conformando el túmulo (figuras 11 y 12).

De todas formas, ellos sabían bien que esta falsa bóveda construida sin ninguna labra ni preparación de sillares, no podía trabajar igual que las falsa bóvedas micénicas de la Grecia arcaica. En el Tesoro de Atreo, dada la precisión y ajuste de cada sillar en su hilada, al inclinarse ligeramente su plano de asiento, el anillo al terminarse y descender mínimamente bajo la carga del túmulo, quedaba totalmente trabajando en «compresión horizontal tangencial» y esto eliminaba la posibilidad de vuelco de la hilada y, a la larga, de la bóveda.

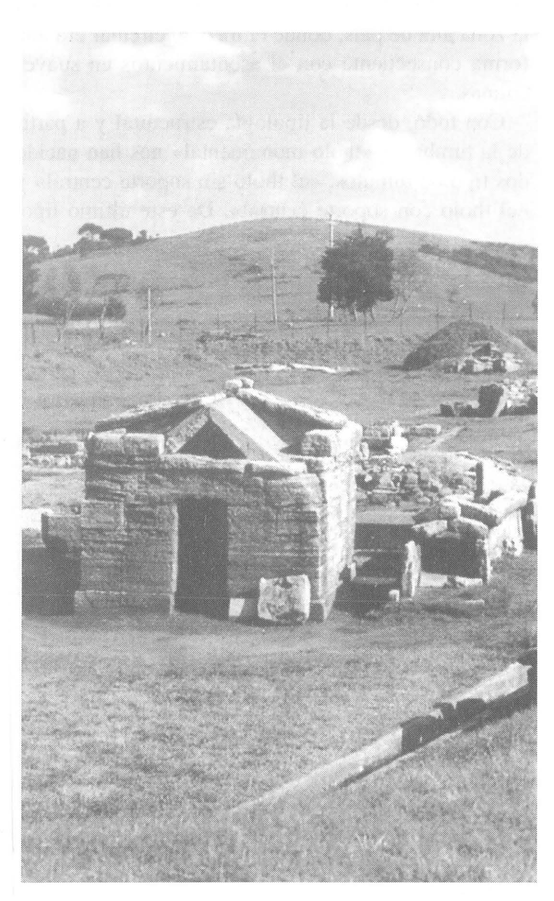
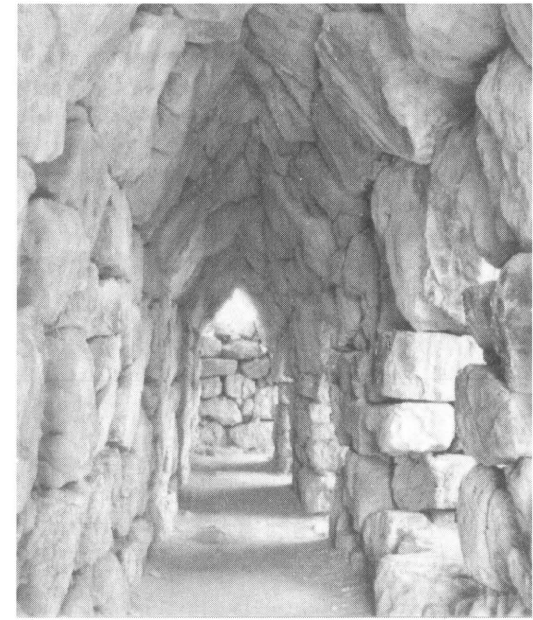
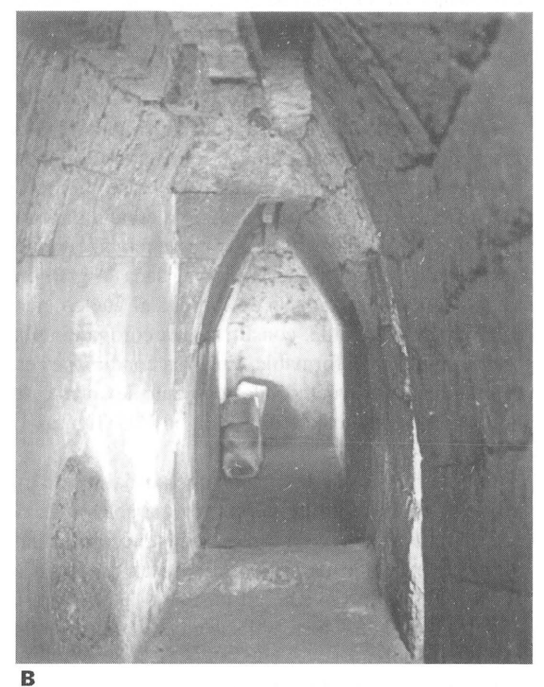


Figura 9
Populonia. s.VII. Tumba del Bronzeto

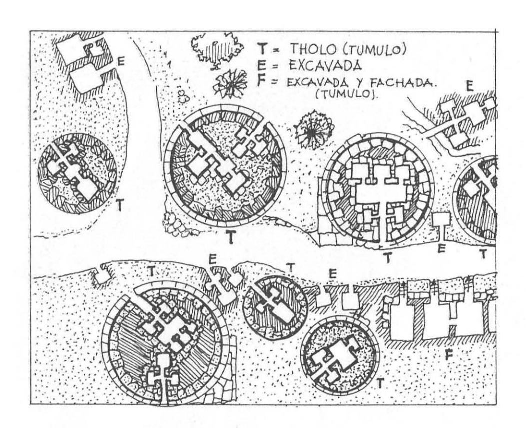


A



B

Figura 10
Galerías: A Tirinto (Grecia s. XII). B Tumba corredor. (Cerveteri s. VII)



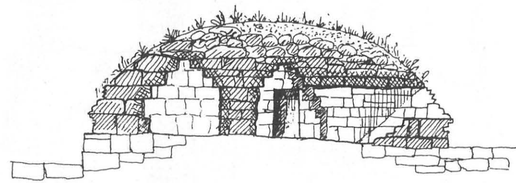


Figura 11
Cerveteri. s.VII-VI. Plano de la Necrópolis de la Benditaccia y sección de un tholo monumental

En la falsa bóveda etrusca, dada la irregularidad de las piedras o losas, cada hilada es una articulación en la bóveda, de la misma manera que cada piedra es una articulación en su hilada. Así, la cúpula desarrollaba una forma estructural que no generaba empujes horizontales, y en la que la piedra, dada la gran entrega, tenía garantizada su estabilidad al vuelco, pero cada hilada concluida, constituía una corona circular muy irregular y deformable. En estas condiciones era el «momento de vuelco» del conjunto levantado, el que ponía en peligro de ruina, a la bóveda (figuras 13 y 14).

Por las razones de la estática que acabamos de exponer, y en base a que debió arruinárseles más de una bóveda en la propia fase de construcción, entendieron que debían parar, las hiladas en anillos o la coronación de la bóveda, en un punto, para cerrarla con una gran laja o losa, colocada con amplio apoyo, a modo de dolmen.

Encontrar esta placa pétrea, no era difícil en la zona de tufa. Pero en las áreas donde esto no era tan fácil tuvieron que adoptar otras soluciones.

La primera, de las soluciones desarrolladas como respuesta a los problemas enunciados en el párrafo anterior, por inmediata, fue la de colocar un gran soporte en el centro de la bóveda que ofreciera un amplio apoyo a la losa, o losas, de cierre de la clave del túmulo. La segunda solución fue la de minorar las dimensiones, en planta, del tholo. Esto, coincidía con los nuevos planteamientos urbanísticos de controlar las grandes extensiones que estaban ocupando las necrópolis que ya hemos mencionados, que empezaban a invadir las tierras cultivables.

Las tumbas en tholos de planta rectangular, asociadas y alineadas en calles rectas y paralelas de la «Necrópolis de Crocefisso del Tufo» en Orvieto, o las alineaciones, en los bordes de la propia Necrópolis de «Benditaccia en Cerveteri» son claros ejemplos de ello. De todas manera no había que esperar mucha popularidad y propagación de esta «forma nueva» en la zona alta de país, donde el trazado circular era una forma consecuente con el asentamientos en suaves colinas.

Con todo, desde la tipología estructural y a partir de la tumba en «tholo monumental» nos han nacido dos tipo de túmulos, «el tholo sin soporte central» y «el tholo con soporte central». De este último tipo,

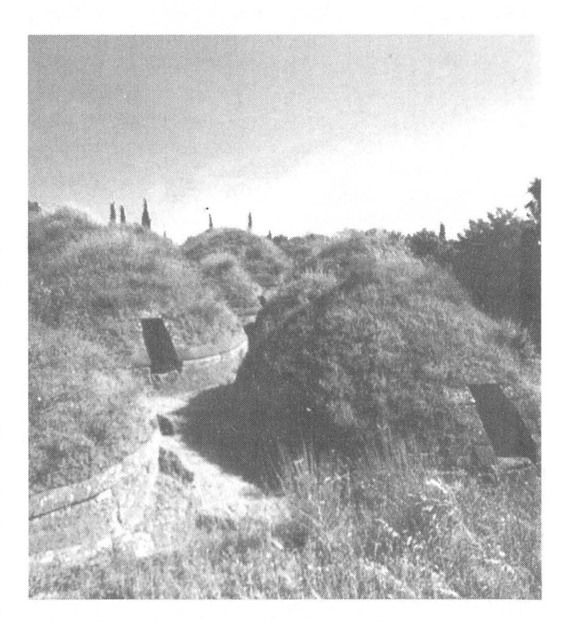


Figura 12
Cerveteri. s.VII-VI. Vista de la Necrópolis de la Benditaccia

queremos señalar aquí el tardío «tholo excavado de Volterra», con banquillo perimetral, repleto de urnas cineraria, cuya reconstrucción podemos ver hoy en el Museo Arqueológico de Florencia.

Por otro lado, desde el punto de vista de la morfología del túmulo, desde estos comienzo del siglo VI el «tholo de planta cuadrada» de Orvieto, aunque moderadamente, constituyó un modelo que llegó hasta Quinto Fiorentino, al Norte de Florencia. Allí encontramos el «Tholo de Mula» que semienterrado, arranca con planta cuadrada, introduciendo, en las esquinas, pechinas de lajas desde el suelo, para terminar generando una bóveda de sección horizontal circular, y que, a la mitad de la altura toma una doble curvatura, empinándose fuertemente para lograr alcanzar mayor altura y luchar contra el problema de vuelco que ya señalamos, para esta forma.

Túmulo Monumentales

Durante los siglos VII y VI, en Cerveteri fueron frecuente la agrupación de tholos en túmulos monumentales, construidos con grandes bloques de tufa, labrados y acabado con total perfección. Cada tholo contenía la plaza mortuoria de los grandes sarcófagos de varios miembros del clan familiar. En el Norte, en Populonia hacia la mitad de siglo VII se levanto el túmulo monumental, totalmente aéreo «Túmulo Flabelli», en la Necrópolis de Porcareccia (figura 15).

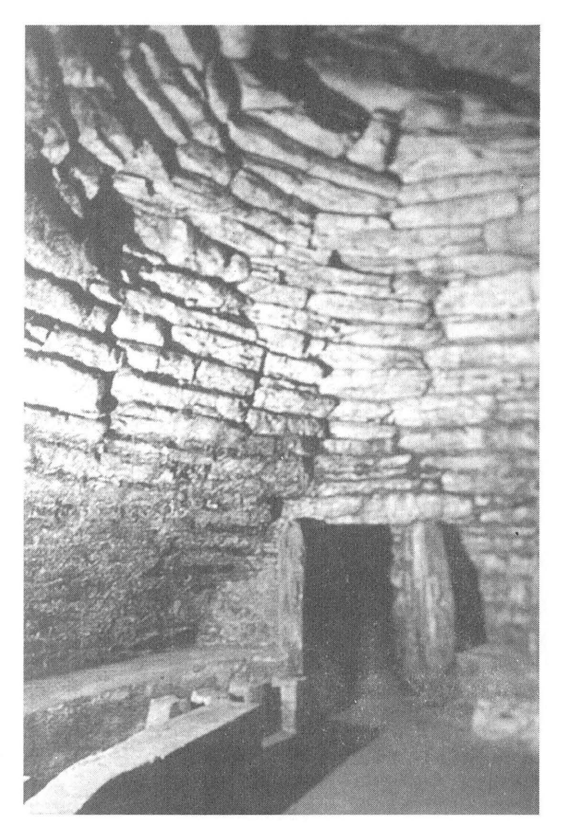


Figura 14
Quinto Florentino. Final s. VII. Tholo Mula. De planta rectangular y túmulo (izquierda)



Figura 13
Vetulonia. Final s.VII. Tholo del Diavolino. Ruina, disponía de soporte central (superior)

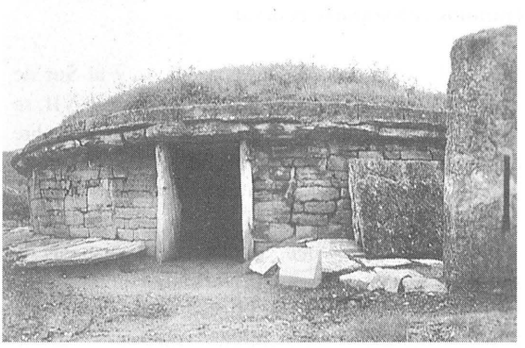


Figura 15
Populonia. Final s. VII. Necrópolis Porcareccia. Tholo monumental exento y aéreo

Pequeños túmulos de planta cuadrada

En Crocefisso del Tufo en Orvieto, al NE. del Lago de Volsena, durante el siglo. VI-V, se levantaron alineaciones de edificios adosados con muros medianeros independientes, de bloque de tufa bien escuadrados. Plantas con corredor, habitación rectangular, tholos de losas planas y pechinas, y túmulo. De idéntico trazada son los ya señalados en las márgenes de la Necrópolis de Benditaccia en Cerveteri (figuras 16 y 17).

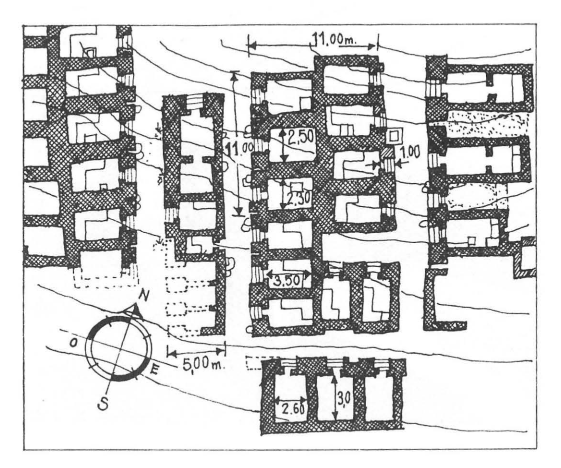


Figura 16
Ovieto. s. VI-V. Necrópoli del Crocefisso del Tufo. Planta (superior)

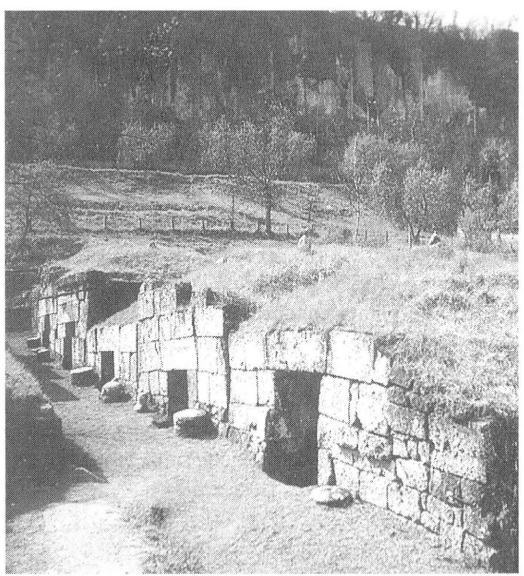


Figura 17
Orvieto. s.VI-V. Necrópoli del Crocefisso del Tufo. Vista de una calle (inferior)

Túmulos con soporte central

En Casale Marítimo, al Oeste de Siena y al Sur de Volterra, cerca de la costa, al finalizar el siglo VII, se levantó, sin duda uno de los más bellos tholo. Sobre una planta cuadrada que se redondea hacia el primer tercio de la altura, se alza su falsa bóveda de hiladas cada vez más saledizas y en circulo perfecto. Aquí, las piedras son totalmente uniformes y aristadas de forma que los círculos son perfectos y con total continuidad de las aristas. En el centro, un soporte de grandes sillares, uno por hilada, soporta la losa de cierre. Otros tholos de este tipo encontramos en Volterra, entre Florencia y Siena. En este caso nos referimos al ya comentado tholo, con soporte central, excavado en el siglo II, de grandes dimensiones. En la *tumba del Diavolino*, en la Necrópolis de Vetulonia, encontramos otro magnífico tholo de planta cuadrada y soporte central. En estas tumbas u osarios múltiples se disponía un banquillo labrado o tallado al pie del muro para depósito de las numerosas urnas de alabastro o terracota (figuras 18 y 19).

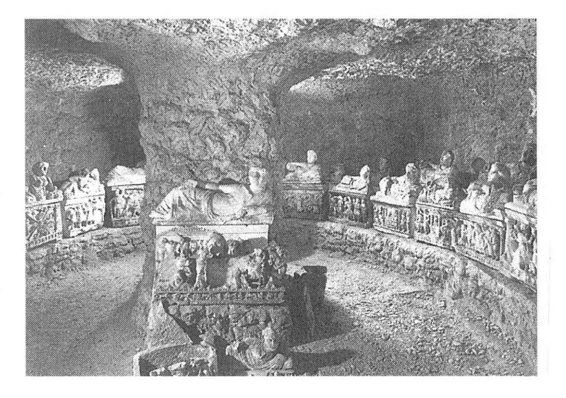


Figura 18
Volterra. s.III-II. Tholo excavado, con pilar central (superior)

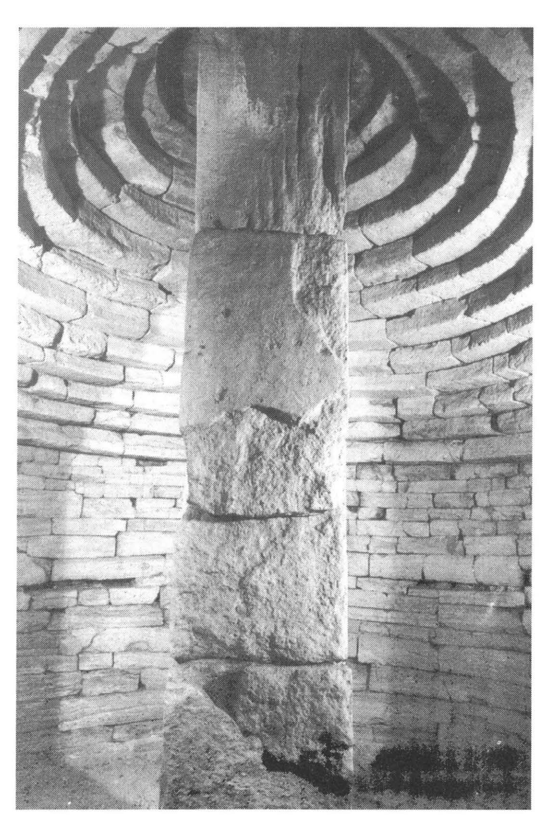


Figura 19
Casale Marítimo. Final s.VI. Tholo semiexcavado, de planta cuadrada y soporte central (inferior)

BIBLIOGRAFÍA

Bonamici, M. y otros autores, *The Land of the Estruscans.* Ed. Scala and Antella. Florencia, 1985.

Spivey, Nigel and Stoddsrt, Simon. *Etruscan Italy. An Archaeological Hstory.* Ed. B.T. Batsford Ltd. London, 1990.

Bloch, R. *L'Art et la Civilisation Etrusques.* Ed. Librairie Plon. París, 1955.

Bonfante, L. *Reading the past Etruscan.* British Museum Publication. London, 1990.

Wellard, J. *The Search for the Etruscans.* Ed. Thomas Nelson & Sons. London, 1973.

Bandi, L. *Il Mondo degli Etruschi.* Ed. Mondadori. Milán, 1960.

Pallotino, M. trad: J. Cremona. *The Etruscans.* Ed. Pennguin Books. London, 1955.

Solari, A. *La Vita Pubblica e Privata degli Etruschi.* Ed. Spoerri. Pisa, 1933.

Massa, A. *The World of the Etruscans.* Ed. Minerva S.A. Genève, 1988.

Ortega Andrade, F. *Historia de la Construcción. Libro Primero.* Ed. Univ. de Las Palmas de G.C. 1993.

Materiales y técnicas constructivas en las escuelas de educación primaria de caracter público en la provincia de Tarragona

Elena de Ortueta Hilberath

> Los materiales de toda obra arquitectónica deben reunir condiciones inmejorables de solidez, belleza y economía. Todos los materiales serán del país y casi todos de la provincia de Tarragona. Ramon Salas i Ricoma, 1884.[1]

Las construcciones escolares de carácter público destinadas a la educación primaria se definieron por primera vez como una tipología constructiva a mediados del siglo pasado. La extensa bibliografía del momento vinculada con la materia de las escuelas contrastan con la escasa resonancia que ha gozado el análisis de las edificaciones escolares entre las publicaciones de los últimos años, quizás por tratarse de una arquitectura no monumental o «menor». El aumento paulatino de las construcciones escolares experimentado a partir del siglo pasado se debió —en parte— en la necesidad impuesta por el estado de ofrecer a todos sus administrados una educación digna. Una medida decisiva para fomentar la construcción de edificios escolares de nueva planta fue una política de ayudas económicas o subvenciones, sobre todo a los municipios mas menesterosos (R.O. 24 Julio 1856, Ley 27 Julio 1857, R.O. 15 Enero 1870, R.O. 22 Julio 1874, R.D. 5 Octubre 1883, R.D. 26 Septiembre 1904....).

ESTRATEGIAS PARA LA INVESTIGACIÓN; METODOLOGÍA DE TRABAJO Y FUENTES DE ESTUDIO

Planteamos el estudio de los materiales y técnicas constructivas analizando la información contenida en los expedientes de obra. la Junta Consultiva de policía urbana y edificios públicos regulo los documentos que debía componer un expediente de obra publica en la Instrucción del 16 de Marzo de 1860.[2] En general todos los proyectos debían constar de: Memoria descriptiva, Presupuesto, Pliego de Condiciones Facultativas y Económicas, y Planos —emplazamiento, planta, alzados y secciones—. Se normatizó también los colores empleados en el dibujo de los planos: negro para las construcciones antiguas, carmín para las construcciones nuevas y para las que se agregan, y finalmente amarillo para las edificaciones demolidas o suprimidas.

En la memoria descriptiva del proyecto el arquitecto justificaba los materiales empleados en las obras: albañilería (mampostería, sillería, ladrillo, pavimentos, tejas...), carpintería cerrajería, pintura del edificio..., además algunas veces realizaba un estudio de la mecánica de las obras o resistencia de los materiales (muros, columnas, jácenas o viguetas). Siendo muy útil la consulta paralela de la memoria con los planos. En el pliego de las condiciones facultativas figuraba la calidad y cualidad de los materiales a que debía atenerse el contratista. A través del presupuesto de obras y cubicaciones conocemos el número, dimensiones y precio de los materiales, asimismo contenía este los sueldos de los distintos profesionales de la construcción. Nuestro estudio tomará como base esta documentación, por ello abarcamos tanto la obra realizada como la no realizada. Somos conscientes que nuestra investigación se podría haber

complementado con un trabajo de campo basado en el reconocimiento in situ de las técnicas y materiales. Pero la transformación que han sufrido algunos locales ha determinado que examinemos tan solo la documentación, gráfica o escrita, para poder conocer mejor la fisonomía originaria pensada por el creador para la obra.

Otro aspecto importante para nuestro análisis ha sido el tener en cuenta el arquitecto que diseño el edificio. Normalmente, en los municipios sin arquitecto municipal, se solicitaba los servicios técnicos del arquitecto provincial, otras veces se convocaba un concurso publico, e incluso se llego a requerir los servicios técnicos de un arquitecto no vinculado con la administración. El último de los casos se dio sobre todo en obras pagadas con capital privado, pero el mayor volumen de arquitectura escolar corrió a cargo del arquitecto provincial. Con la organización del cuerpo de arquitectos de construcciones escolares se monopolizo la arquitectura escolar. En Tarragona en Junio de 1921 se nombro el arquitecto provincial Ramon Salas arquitecto director de construcciones escolares, los sustituyo en el cargo el arquitecto municipal de Tarragona Antonio Pujol de Barbera.

Para una correcta valoración de los establecimientos educacionales, en la provincia de Tarragona, resultó imprescindible evaluar y conocer las disposiciones legales concernientes a los requisitos técnicos e higiénicos que debían reunir los edificios escolares en España. también, contemplamos esta información con el análisis de los ensayos mas representativos sobre las condiciones que tenía que poseer una construccion escolar. Otro aspecto estudiado fue el considerar las necesidades edilicias según el sistema pedagógico a aplicar. Tanto la normativa en vigor como el método educativo influyeron, en gran medida, en la formulación del proyecto arquitectónico.

DISPOSICIONES LEGISLATIVAS EN TORNO A LA EDUCACIÓN PRIMARIA, PROPUESTAS DE ESCUELAS MODELO DE ORGANIZACIÓN ESCOLAR

Una aproximación cronológica de la gestación de las construcciones escolares la obtendremos analizando la legislación relativa a instrucción publica.[3] A raíz de la publicación del reglamento del 16 de Febrero de 1825 la educación se definió como servicio publico aunque hasta la edición del reglamento del 26 de Noviembre de 1838 no se estableció las características que debía reunir un local destinado a escuela (Cap. II «Del local y menaje de la escuela»-arts. 3 al 8). La ley Moyano ratificada el 9 de Septiembre de 1857 cristalizó las disposiciones pedagógicas de la primera mitad del siglo XIX, ordeno la educación primaria en elemental —completa e incompleta— y superior, y estableció la obligatoriedad de la educación primaria entre los seis y nueve años, gran parte de la ley Moyano estuvo vigente hasta los años cuarenta del siglo actual.

Pronto el estado se percato de la necesidad de fomentar la formulación de unas escuelas modelo validas para todo el territorio español. Así en la R.O. del 24 de Julio de 1856 se contemplaba en su artículo sexto, que el gobierno se comprometía en la elaboración de un tipo oficial para aquellos municipios que solicitasen una subvención estatal, pero nunca se confeccionó. Por ello tendremos que esperar al D. del 18 de Enero de 1869 «Encargando a la Escuela de Arquitectura la presentación del proyecto para escuelas con los requisitos y condiciones que se establecen». Las escuelas tipo premiadas fueron las diseñadas, el mismo año, por el arquitecto Francisco Jareño,[4] pero lamanetablemente quedaron archivadas. Aquel mismo año, un 29 de Septiembre, la Corporación de Madrid decidió abrir un concurso para la elaboración de una escuela-modelo para la ciudad, el ganador del certamen fue el arquitecto Emilio Rodríguez Ayuso.[5]

La escasa difusión de la primera propuesta para lograr una estandarización de la arquitectura escolar contribuyó a la promulgación del R.D. del 6 de Mayo de 1882, por el cual se creaba el museo de Instrucción Primaria con el objeto de difundir proyectos de escuelas, tipos de mueblajes y todo tipo de material pedagógico con el fín de lograr aumentar la calidad de nuestros centros de enseñanza. Dentro de esta línea destacaban las publicaciones de la Biblioteca Pedagógica de la Institución Libre de Enseñanza y en concreto los textos de Francisco Giner.[6]

Nuevamente nuestros gobernantes se preocuparon por mejorar la lamentable situación de los establecimientos escolares al ratificar el R. D. del 5 de Octubre de 1883. Principalmente se legislo las salas que debía contar un centro de instrucción y sus dimensiones. Finalmente la nueva normativa sancionada el 28 de Abril de 1905, intento solucionar algunas de las carencias de las disposiciones reales del siglo ante-

rior y hacer realidad la educación primaria obligatoria en todo el territorio español. Destacando las doce escuelas tipo diseñadas por el arquitecto del Ministerio de Instrucción Publica y Bellas Artes, Luis Domingo de Rute.[7] Esta vez los modelos presentados por el Ministerio se aplicaron en el diseño de construcciones escolares en la provincia de Tarragona (P. Caselles, Reus, 1908, y P. Almeda, Tarragona 1909). Estos tipos estuvieron vigentes hasta la publicación del R. D. del 17 de Diciembre de 1922,[8] por el cual el arquitecto Antonio Flórez volvió a formular varias escuelas modelo clasificadas según la docéncia —unitarias o graduadas— y/o características climáticas de la zona.

En el ámbito catalán la Mancomunidad de Cataluña, apenas iniciaba su labor, emprendió como medida prioritaria la construcción de edificios escolares, principalmente apoyo la construcción de escuelas unitarias. Además gracias a la R. O. 30 de Enero de 1917, se dibujaron varias escuelas modelo vigentes para Cataluña y Baleares: Adolf Florensa, escuela de la Masó, Antonio Flaguera, escuela de Torms y F.de P. Nebot, escuelas de Palausabardera. en 1920 la Mancomunidad convocó en la provincia de Tarragona un concurso para la construcción de edificios escolares en los pueblos de la provincia. Por ello decidimos poner el año de 1920 como límite en nuestro estudio.[9] (figuras 1 y 2).

Gradualmente durante el siglo pasado se fueron especificando las características de la arquitectura escolar destacando los ensayos de los arquitectos F. Jareño y E. Repullés. En la década de los años ochenta se fue encauzando la tipología de las construcciones escolares hasta nuestro siglo. En 1905 por disposición real se ratificó la «Instrucción técnico-higiénica relativa á las construcción de las Escuelas», la cual legisló las características que debía reunir el edificio: emplazamiento, orientación, extensión, construcción, locales, clases, ventilación, iluminación, calefacción y mueblaje escolar. A partir de este año se fueron modificando las construcciones escolares desligandose paulatinamente de las formas anteriores.

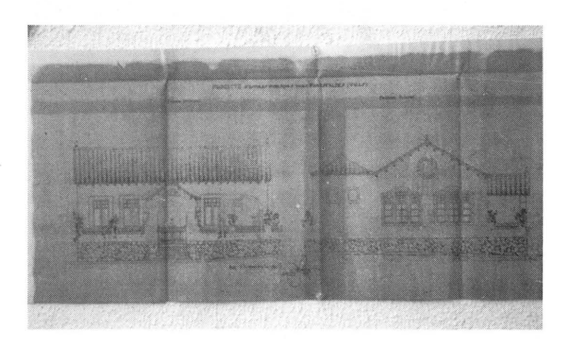


Figura 1
Proyecte d'escoles per a Fontscaldes (Valls). 1920. Josep M.ª Vives (A.D.T.). Alzados. 34 × 79 cm

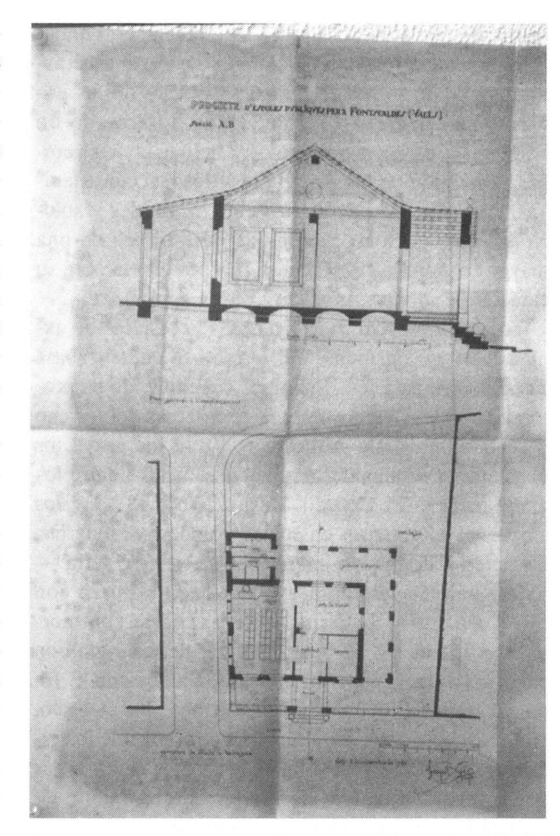


Figura 2
Proyecte d'escoles per a Fontscaldes (Valls). 1920. Josep Mª Vives (A.D.T.). Sección y planta. 61 × 44 cm

SISTEMA CONSTRUCTIVO EMPLEADO EN LOS CENTROS DE EDUCACIÓN PRIMARIA

El autor del diseño arquitectónico justificó en las memorias descriptivas/facultativas tanto los materiales

como las técnicas constructivas empleadas. Fundamentalmente buscó una solución constructiva de aspecto sencillo —por el carácter modesto de las poblaciones rurales—, noble —por tratarse de un edificio de carácter público— y bello —por el empleo armónico de los materiales y formas constructivas. Para ello usó prioritariamente materiales y soluciones constructivas propias de país en pro de una mayor economía, sin perder nunca por ello la obra su carácter de sólida y artística.

Tras haberse realizado las obras necesarias de explanación y/o desmonte del terreno se comenzaba a cavar zanjas para los cimientos, dependiendo su profundidad de las características geológicas del terreno y de la altura de la edificación. Entre los proyectos consultados se ahondo para los basamentos entre los cinco metros (F. Barba i Masip, Ascó, 1879) y los cincuenta centímetros en construcciones secundarias. El material de relleno empleado fue mampostería —piedra caliza o arenisca— combinada primero con cal, y a partir de la década de los ochenta con mortero, y finalmente ya bien entrado nuestro siglo con cal hidráulica. Existieron otras soluciones con el fín de dar mayor apoyo a los fundamentos, por ejemplo, en las escuelas de Falset en la capa inferior de los cimientos se dispuso una hilada de sesenta centímetros de espesor con mezcla de mortero de un quinto de cemento (R. Salas 1909). Para evitar humedades procedentes del subsuelo se adoptaron distintas medidas:la mas sencilla fue elevar la construcción entre los sesenta centímetros y el metro, a veces se relleno paste con gravilla de unos diez o treinta centímetros de espesor (F. Barba, Calafell 1864, R.Salas: Blancafort 1884, Capsanes 1894, Cherta 1895, Falset 1909), otro recurso fue un solado formado por cemento Portland o Asfalto (P. Caselles 1908) e incluso se levantó la construcción a través de bovedillas (J. M. Vives, Fontscaldes 1920). Para E. Repullés (1878) la mejor manera de evitar posibles humedades era la construcción de sótanos, existen escasos ejemplos de este sistema adoptado en Tarragona.

Un amplio repertorio de tipología de muros de fábrica utilizado en las construcciones durante el siglo pasado lo hallamos en las distintas propuestas de edificaciones escolares formuladas por F. Jareño (1869). El edificio escolar, según dicho arquitecto sería de carácter solido, severo e higiénico para ello recomendó el uso de materiales resistentes al fuego y de gran duración, desaconsejo totalmente la construcción en madera o de entramados en madera. A cambio propuso el empleo de machos de piedra sillería o ladrillo con cuarteles de material mas blando como el ladrillo o el barro sin cocer; dicha solución no la hemos encontrado en ninguno de los proyectos propuestos para la provincia de Tarragona. A partir de la documentación consultada hemos constatado el predominio de muros de fábrica mixtos compuestos por mampuestos y ladrillos para las fachadas exteriores; con decoraciones de sillería en la fachada principal en las partes mas importantes y ladrillo revocado en la construcciones secundarias (F. Barba: Calafell 1864, Pla de Cabra 1864, Prades 1865, Perelló 1878, Roquetas 1878, Tivenys 1878, Ascó 1879, Riera 1889, R. Salas: Capsanes 1894, J.M. Vives: Fontscaldes 1920). Además para una mejor impermeabilización se colocó un zócalo de piedra —sillería o mampuesto careado— (F. Barba, Fatarella 1881, R. Salas, Vallmoll 1909) y en algunas propuestas ladrillo o mampuesto revestido (A. Duran, Bonastre 1920). La abundancia de piedra en la provincia de Tarragona se reflejó en un reducido uso de piedra artificial (F. Barba Vendrell 1887) y ladrillo visto (P. Caselles Reus 1908), (figuras 3 y 4).

El aspecto exterior de la fachada no dejó traslucir casi nunca el material de soporte a excepción de los materiales nobles como la piedra sillería. En el pliego de condiciones facultativas para las escuelas de Ascó leemos: «todas las paredes de mampostería o ladrillo cualesquiera que sea su forma clase y objeto deberán ser revocados e enlucidos y blanqueados por sus partes vistas».[10] En los proyectos diseñados

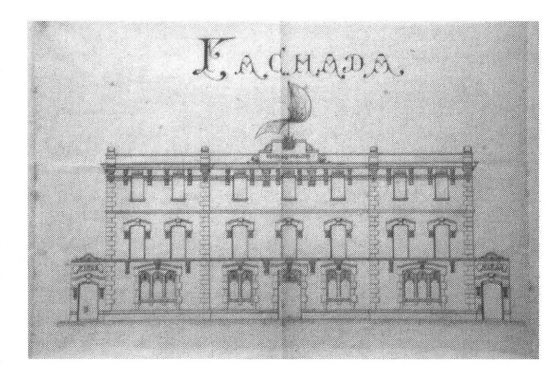


Figura 3
Escuelas públicas de Vallmoll. 1909. Ramón Salas i Ricomá. Alzado 32 × 198 cm

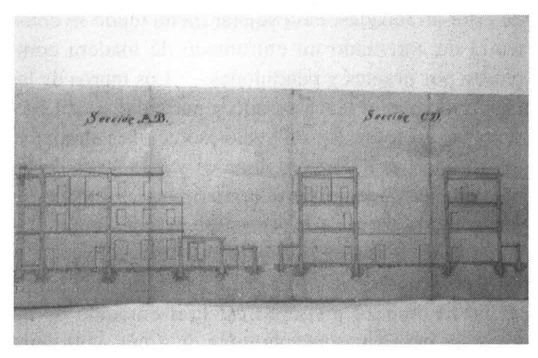


Figura 4
Escuelas públicas de Vallmoll. 1909. Ramón Salas i Ricomá. Secciones AB y CD. 32 × 198 cm

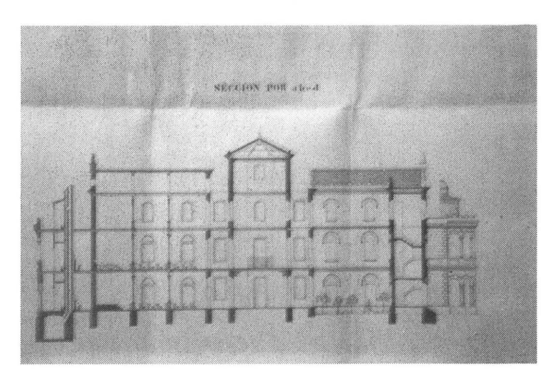


Figura 6
Escuela Vendrell. 1889. Francisco Barba i Masip. Secciones A,B,C,D. 43 × 69 cm

por F. Barba (1863-1890) no especificó el tono tan solo comento: «pintado de colores agradables que presenten a la vista un conjunto armonioso»,[11] la técnica empleada fue la del estuco a base de cal aplicando en algunas partes de la obra la falsa sillería. El color de la pintura de la fachada para R. Salas debía de ser monocroma imitando la piedra sillería empleada. A partir del primer lustro del siglo actual además se adorno la fachada con cerámica (A. Pons, Bisbal del Penedes, 1920). Y por último en el tercer lustro de nuestro siglo se prefirió el revoco blanco a base de cal (J.M. Vives Fontscaldes 1920), (figuras 5 y 6).

Si la mampostería fue el material que predominó en la construcción de los muros exteriores el ladrillo fue el recurso mas usado en los tabiques interiores y bóvedas, desechandose el ladrillo hueco al no existir ninguna fábrica en la zona. El ladrillo era un material resistente dada su regularidad permitiendo asimismo la reducción del ancho del muro en relación a los mampuestos. En ningún caso se utilizo la madera para separar una sala de otra. Una vez enladrillados los pisos y embaldosados se procedía a levantar los tabiques de división, además al realizar las paredes de mampostería y ladrillo se dejaban abiertos los huecos necesarios para puertas, ventanas y balcones, preparando a su vez el espacio para las jácenas. Los techos compuestos por jácenas de madera —preferentemente pino— y viguetas realizadas con maderos perfectamente escuadrados se cerraban con bovedillas de dos gruesos de rajuela o rasilla combinada con ladrillo mediano rellenando los senos con cascotes mezclados con yeso y aplanado con el mismo material, sobre estos se ejecutaban los correspondientes enladrillados (F. Barba, Ascó 1879), Además en crujías muy amplias para el alivio de las jácenas se dispusieron columnas de fundición emplazadas en el centro de la salas (R. Salas, Blancafort 1880). En menor número se presupuesto vigas de hierro (F. Barba,, Vendrell 1887, R. Salas, Cherta 1895) y mas escaso fue la propuesta del uso exclusivo del hierro para vigas y viguetas (R. Salas, San Jaume Domenys, 1895). En el siglo actual se proyectó pensando en las posibilidades de los nuevos materiales como las jácenas de hormigón armado (J.M Jujol, Pallaresos 1920), (figura 7).

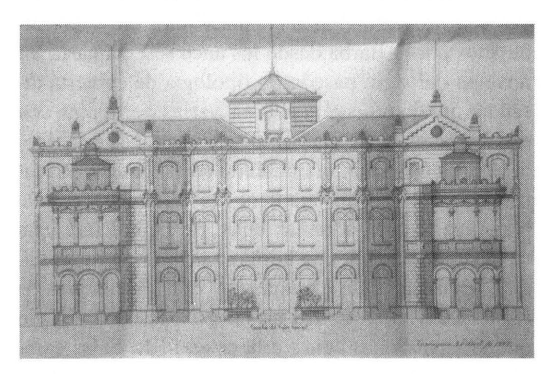


Figura 5
Escuela Vendrell. 1889. Francisco Barba i Masip. Alzado 69 × 69 cm

Otros aspectos interesantes estudiados en algunas

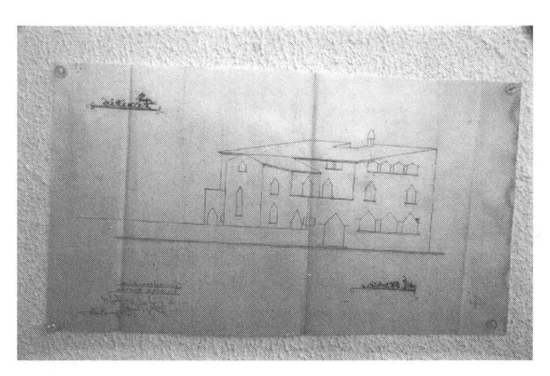


Figura 7
Frontis (Pallaresos). 1920. Josep Mª Jujol. Alzado. 27 × 48 cm

memorias descriptivas fue el calculo de la resistencia de los materiales. Entre finales del siglo pasado hasta el tercer lustro del actual los arquitectos activos en Tarragona manejaron para el calculo de los espesores de los muros la formula de Rondelet, mientras que para la obtención de los distintos perfiles de las columnas de fundición se adopto la ley de Hodkingson mientras que para el perfil de las jácenas y viguetas se calculo a partir de las propuestas de Planat y Marva según fuese el punto de aplicación de las fuerzas.

La decoración de las salas de enseñanza interesó bastante a los teóricos de entonces. En ningún texto se aconsejó el empleo de ondulaciones en las clases por la dificultad que presentaban para una correcta ventilación, de modo que; cornisas, molduras o cualquier decoración aplicada a los techos e incluso en el paramento de los muros resulto un gasto inútil. Entre los proyectos consultados no se aplicó en ningún caso el artesonado de los techos, en cambio predomino la aplicación de los cielos rasos en casi la totalidad de las escuelas analizadas. La técnica usada para la ejecución de estos la describió F. Barba: «formados por un tejido perfectamente compacto e igual de cañas partidas en varias secciones longitudinales, sin que se pueda emplear ninguna entera. Este tejido se construirá en el mismo punto donde se ha de emplear, clavando las cañas directrices o longitudinales con clavos de hierro de cabeza ancha y plana y galvanizado. Las transversales o urdimbres serán cañas de las mismas condiciones anteriores, secas y de buena calidad debiendo unas y otras lo menos un año de estar arrancadas. Para sujetar dicho tejido se construirá de antemano un entramado de madera compuesto por tirantes y pendolones».[12] Los muros de las clases durante el siglo pasado y parte del actual presentaban en todos los proyectos soluciones similares, por un lado se recorto lo ángulos y a lo largo de las paredes se dispusieron diversos paneles didácticos pintados de forma simple sobre paredes enlucidas con colores claros preferentemente gris claro (R. Salas García 1892). A partir del primer lustro del siglo actual se empezó a simplificar la decoración de las salas de enseñanza pintándolas de color azul claro (P. Caselles Reus 1908, P. Almeda Tarragona, 1909), y finalmente se procedió al simple blanqueo con cal (J. M. Vives, Rocafort de Queralt 1920) como ya se había hecho con anterioridad (F. Barba Asco 1879).

El pavimento presupuestado en las distintas escuelas estudiadas reflejan la evolución de los materiales colocados. En ningún caso se pensó en la utilización de un suelo de madera; el material por excelencia fue la baldosa de distintos tamaños (25 × 25, 20 × 20, 18 × 18, 18 × 20, 30 × 15) y calidades: baldosa común llamada de almacén, baldosa fina de alfarería conocida como caironte y por ultimo baldosa artificial o hidráulica (F. Barba Vendrell 1889), siendo de mayor grosor las de planta baja. El embaldosado se asentó principalmente sobre mortero hidráulico o mortero de cemento. Otros firmes utilizados fueron: empedrados (R. Salas Cherta 1895), la colocación en algunas salas de Mosaicos (A. Figuerola Rourell 1920) o simplemente el suelo de cemento Portland (Jujol Pallaresos 1920).

La cubierta se resolvió o bien en vertiente o bien en solera e incluso en algunos e incluso en algunos casos se proyecto alguna cópula. En los proyectos dibujados por F. Barba desde los años sesenta hasta los noventa del siglo pasado, la tipología de cubierta diseñada predominó el techo en varias vertientes con escasa inclinación. El mismo arquitecto nos describió la técnica utilizada: «la cubierta será llamada de empresario, o de media teja llena con alfajiado y rajuela blanqueada debajo de las tejas. Se completara esta cubierta con canalones horizontales de desagüe llamados vulgarmente tortugadas y con las cañerías de conducción empotradas en las paredes del edificio que viertan dichas aguas a la calle».[13] R. Salas combinó el tejado en vertiente con la cubierta en solera, el mismo detalló el método aplicado «las crujías se cubrirán con solera de cuatro gruesos; tres de rasilla

común y una de fina, descansando sobre vigas y viguetas. La galería quedara cubierta con una solera de tres gruesos: uno de rasilla otro de ladrillo mediano y el tercero de rasilla recortada, todo unido con mezcla de cemento y arena»[14] recurso empleado por otros arquitectos como Jujol. La teja utilizada para las edificaciones analizadas fue casi siempre árabe aunque existieron algunas excepciones como la teja plana presupuestada por P. Almeda para las cuatro escuelas graduadas en Tarragona de 1909.

En definitiva, en la provincia de Tarragona en las construcciones escolares no se experimentó con las posibilidades de los nuevos materiales prefiriendo el manejo de técnicas y materiales propios de la zona. A pesar de ello poco a poco se fueron introduciendo nuevos sistemas destacando por su carácter innovador las escuelas diseñadas por F. Barba para la villa de Vendrell 1889. En cambio los diseños presentados por R. Salas ofrecieron soluciones muy homogéneas y casi no se diferenciaron los materiales empleados en unas u en otras. En el conjunto de escuelas presentadas al Concurso de la Mancomunidad al haber sido ejecutadas por diferentes técnicos se amplió el abanico de sistemas constructivos empleados.

Notas

1. A.D.T., C. 1864-1900 Obres Publiques Construccions Civils, Escoles Projectes I, Reg. 4893. Exp s/n *Proyecto de Escuelas Blancafort. 1880-1884,* s/p.
2. De la Cámara, M.: *Tratado teórico-practico de Agrimesura y arquitectura legal.* Valladolid: Imp. Hijos de Rodríguez, 1874. pp. 206-207.
3. Consultado en: Martínez Alcubilla, M.: *Diccionario de la administración española. Compilación de la Novísima legislación de España y Península y Ultramar.* Madrid: Imp. J. López Camacho, 1887. Tomo VI Voz: Instrucción Publica pp 445-552.
4. Jareño Alarcón, F.: *Memoria facultativa sobre los proyectos de Escuelas de Instrucción Primaria Premiados en el Concurso, adquiridos por el Estado y mandados publicar por Decreto S.A. el Regente del Reino de 7 de Abril de 1870*, Madrid: Imp.Colegio de Sordo-mudos y de Ciegos, 1871.
5. Un estudio de las escuelas modelo de F. Jareño Alarcón y E. Rodríguez Ayuso lo encontramos en: Repulles Vargas E. M.: *Disposición, construcción, y mueblaje de las Escuelas de Instrucción Primaria.* Madrid: Imp. Fortanet, 1878
6. Giner, F.: *Campos escolares,* Madrid: Biblioteca Pedagógica de la Institución libre de Enseñanza, 1884 y *El edificio de la escuela*, Madrid: Biblioteca Pedagógica de la Institución libre de Enseñanza, 1884.
7. Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes Sección Primera Enseñanza, Negociado de Arquitectura Escolar: *Colección de planos para la construccion de edificios escolares.* Madrid: Instituto Geográfico y Estadístico. Cartografía y Artes Gráficas, 1908.
8. Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes Sección Primera Enseñanza, Negociado de Arquitectura Escolar: *Construccion de edificios escuelas: Real Decreto del 17 de Diciembrede 1922. Planos-modelo.* Edición Oficial s/d.
9. B.O.P.T.: 15.10.1920, N 247, anuncio n 2888, pp 1-2.
10. A.D.T., C. 1864-1900 Obres Publiques Construccions Civils, Escoles Projectes I, Reg. 4893. Exp s/n *Proyecto de Escuelas Ascó,* F. Barba i Masip, 1879. Pliego de condiciones facultativas art. 14, s/p.
11. A.D.T., C. 1864-1900 Obres Publiques Construccions Civils, Escoles Projectes III, Reg. 4895. Exp s/n *Proyecto de Tivenys, 1878,* F. Barba i Masip, Pliego de condiciones facultativas art. 11, s/p.
12. A.D.T., C. 1864-1900 Obres Publiques Construccions Civils, Escoles Projectes III, Reg. 4895. Exp s/n *Proyecto de Escuelas de ambos sexos de la villa de Vendrell 1887,* F. Barba, Pliego de las condiciones facultativas art. 18, s/p.
13. Vid. n. 10, Pliego de condiciones facultativas, s/p.
14. Vid. n. 1, Memoria descriptiva del proyecto, s/p.

La innovación tecnológica de las cubiertas planas del GATCPAC

Antoni Paricio Casademunt

El periodo comprendido entre 1930 y 1937 ha constituido un breve pero denso capítulo en nuestra reciente historia de la arquitectura. El GATCPAC, como movimiento entroncado directamente con la vanguardia europea, introdujo un espiritu innovador tanto estilístico como técnico. Desde este último aspecto, podríamos resaltar que el paso del sistema estructural de muro de carga a sistemas porticados, la anulación de la fachada de su función portante, la potenciación de la cubierta para uso masivo, etc. han constituido hitos históricos, con lo cual ya puede hablarse de un «antes y un después».

Es objeto de esta comunicación centrar la investigación en el análisis de las distintas propuestas de cubiertas planas que representen una muestra basada en la diversidad de las propuestas técnicas pero también en la de autores, aunque exista la tendencia a centrar masivamente la producción de obras en Josep Lluís Sert, Torres Clavé y J.B. Subirana. Otra de las tendencias históricas ha sido la de centrar los análisis en las obras de Barcelona; en nuestro caso se ha pretendido también descentralizar en lo posible las obras analizadas.

La cubierta plana tradicional

Hasta este momento histórico y durante más de 100 años se habia confiado la impermeabilización de las cubiertas en los materiales tradicionales. Las soleras constituidas por tres gruesos de rasillas de alfarero, con «pendientes generosas» del orden del 6 al 8% habían sido suficientes para evacuar las aguas de lluvia. La paradoja de utilizar materiales con un grado de porosidad muy elevada pero con inclinaciones muy importantes había resuelto tradicionalmente la evacuación de las aguas. En el caso hipotético de que traspasara el agua estos tres espesores, una cámara ventilada se encargaría de disipar las humedades y a la vez en periodos de calor actuaría de «almohadilla térmica». Esta cubierta se apoyaba inicialmente en forjados inclinados o bien en tabiquillos conejeros.

La potenciación del uso de las cubiertas como una planta más, la aparición de «nuevos materiales» y la voluntad innovadora de este colectivo son hechos importantes para comprender sus propuestas y aportaciones.

Los nuevos materiales

La mejora de las prestaciones técnicas de los materiales tradicionales y la aportación de nuevos materiales por la industria había evolucionado muy lentamente desde principios de siglo. Dentro del primer grupo, la mejora de las calidades técnicas de la cal y el cemento así como de la industria cerámica habían constituido los logros más importantes.Un material «natural», el corcho, de gran tradición en las comarcas de Girona, se empezaba a industrializar en forma de planchas aglomeradas a partir del año 1923. En cuanto a lo que hemos llamado «nuevos materiales»,

cabe destacar la progresiva utilización de los productos hidrófugos y asfálticos proporcionados por la industria química, cuya utilización básica era la impermeabilización de morteros y la pavimentación de carreteras. Alguna de estas industrias posteriormente se especializaría en la impermeabilización de cubiertas.

En el caso de los materiales de cubierta podríamos destacar el siguiente esquema:

a) «Nuevos materiales»

a.1) Capas Impermeabilizantes.
— Prefabricadas
— «in situ» (arpilleras impermeabilizables)

a.2) Materiales aislantes.
— Corcho
— «Hormigón esponja»
— Aglomerados de cemento viruta

b) Sistemas de cubierta (subcontrata)
(Aislamiento, impermeabilización y solado)

Las capas impermeabilizadoras constituyen la gran aportación de la industria. De ellas podríamos destacar las láminas prefabricadas que se presentan con diversos nombres comerciales, tales como: telas tectinadas, *callender's, callendrite,* etc. En general son productos de importación. En el Laboratorio General de Ensayos de la Generalitat está documentado el primer ensayo de lámina impermeable de fabricación, nacional que aparece con el nombre comercial de «Durax» (mayo de 1934). Se trata de varias muestras de tejidos de algodón y yute revestidas por las dos caras de material asfáltico. Los ensayos solicitados son los de permeabilidad, resistencia a la presión hidráulica y alargamiento a la tracción. La impermeabilización in situ constituye otra forma de actuación técnica que emplea la misma casa comercial anterior. Documentalmente se ha podido comprobar una oferta proponiendo la impermeabilización a base de: «nuestra lona nº 2 recubriéndola en la misma obra con nuestro producto bituminoso (enero de 1932)».

Los materiales aislantes constituyen otro grupo de productos, de los cuales podemos destacar el corcho, ya mencionado anteriormente y que utilizan muchos arquitectos del GATCPAC en la protección térmica de cerramientos y cubiertas. El «hormigón esponja», el que ahora conocemos como cedular, se consigue a través de aportaciones de la industria química ya muy introducida en la época que estamos analizando. Por último, los aglomerados de cemento con viruta de madera constituyen otro grupo de aislantes que se populariza rápidamente y que se presentan en el mercado bajo diferentes nombres, de los cuales podríamos destacar la Isofibra y el Porolit.

Otro hecho interesante lo constituyen los «sistemas de cubierta» ofrecidos por algunas empresas. Se trata de lo que hoy denominaríamos una subcontrata. Está documentado con fecha de noviembre de 1931 la oferta cerrada del sistema: «colocación de tela tectinada, hormigón esponja y solado con mortero impermeabilizado».

En resumen, la oferta de todo este tipo de productos y la confianza mostrada por todo lo nuevo en materiales de construcción por los arquitectos del GATCPAC propiciaron el diseño de los diferentes tipos constructivos de cubiertas que constituyeron una auténtica innovación, rompiendo así con la tradición constructiva.

Análisis de tipos constructivos

Tal como se ha dicho en párrafos anteriores, no se trata de analizar la totalidad de tipos, sino los más representativos en cuanto a autores, obras y situación geográfica.

La primera cuestión a observar es la disminución del porcentaje de pendiente respecto a las tradicionales mencionadas anteriormente, debido al uso y a la utilización de un material totalmente impermeable. Generalmente se trata del 2% y en algunos casos se proyecta la cubierta totalmente horizontal.

Podemos distinguir dos grandes grupos de cubiertas: en primer lugar las diseñadas en la primera época, aproximadamente entre 1930 y 1931, donde se puede apreciar que se trata simplemente de una evolución de la cubierta tradicional (figuras 1,2 y 3)

La figura 1 nos muestra una cubierta casi tradicional, con la única variante del porcentaje de pendiente, que conserva la ventilación por la fachada entre el forjado y el cielo raso.

La figura 2 nos muestra otra cubierta también casi tradicional apoyada sobre tabiquillos, entre los cuales se introduce por primera vez un material aislante, que conserva la ventilación por la zona vacía restante.

La figura 3 introduce la novedad de la cubierta horizontal. Se trata del mismo caso anterior con la introducción de una regularización de gravilla que actúa como capa drenante.

A partir de aquí podríamos distinguir las del 2º. grupo mencionado, diseñadas entre los años 1933 y 1934. Excepto la de la figura 4, las restantes representan pequeñas variantes de un solo tipo constructivo.

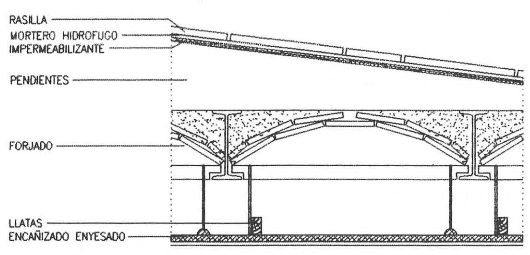


Figura 1
Mutua escolar "blanquerna" (Barcelona) Mestres Fossas (1931)

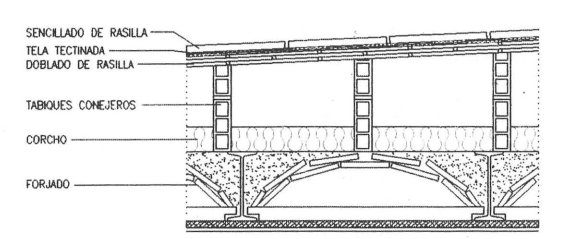


Figura 2
Sanatorio de San Juan de Dios (Manresa) Rodríguez Arias (1931)

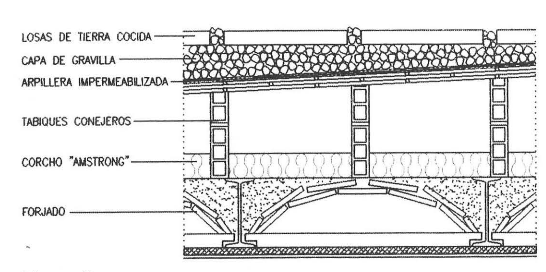


Figura 3
Edificio c/. Muntaner (Barcelona) Josep Lluis Sert (1931)

La figura 4 introduce el hormigón cedular como barrera térmica y las escorias como material ligero para lograr la formación de pendientes, manteniendo los acabados anteriores.

La figura 5 populariza un sistema proyectado para diferentes obras, en los cuales la cubierta horizontal, en este caso regularizada con arena, se consolida definitivamente.

La figura 6 nos muestra casi la misma cubierta anterior, con la introducción de un material aislante por debajo del plano de pendientes.

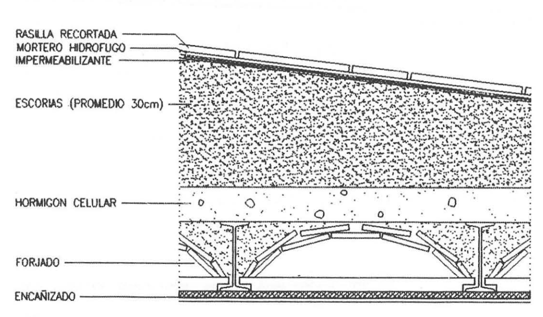


Figura 4
Crupo escola "Renaixenca" (Manresa) Armengou (1934)

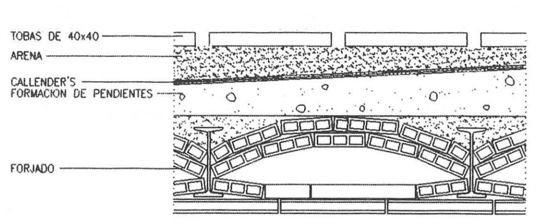


Figura 5
"Cubierta tipo" para diferentes hospitales J. B. Subirana (1934) proyecto de escuela graduadas (Pineda) Durant reynals y Fabregas (1933)

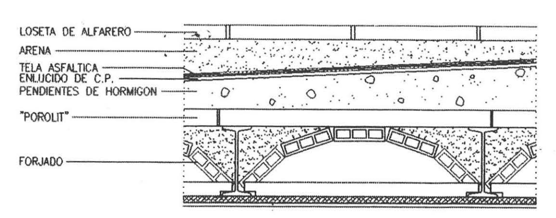


Figura 6
Edificio c/ Padua (barcelona) Illescas (1993)

La figura 7 nos propone la cubierta base proyectada en la figura 5 con la introducción por primera vez del aislante térmico por el interior del edificio.

Por último, la figura 8 nos muestra una propuesta fallida en su momento con la introducción de un ajardinamiento en la parte superior, que regulariza las pendientes. La falta de mantenimiento obligó rápidamente a la substitución del césped por unas gravas de regularización y protección.

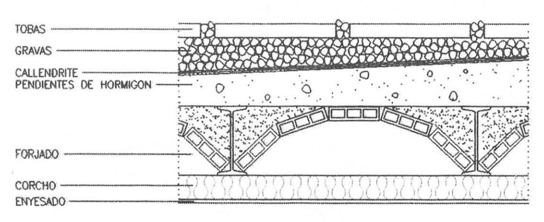


Figura 7
Edificio cine Astoria (Barcelona) Rodríguez Arias (1934)

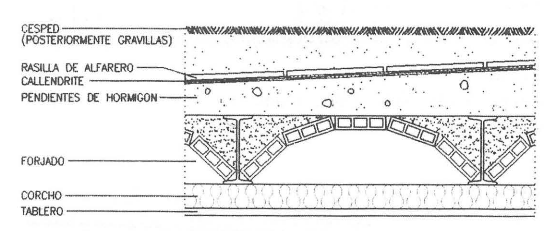


Figura 8
Escuela "Ignasi Iglesias" (Girona) Giralt Casadesus (1933)

El 7 de junio de 1937 los Servicios Técnicos de Arquitectura de la Generalitat redactaron las Instrucciones técnico-higiénicas relativas a construcciones escolares. En su apartado de construcción, manifiestan:

> Una buena cubierta es la formada por 4 gruesos de rasilla apoyada sobre tabiquillos separados de 0,50 a 0,60 m y cámara de aire de una altura mínima de 0,60 m. tomando como tipo la cubierta anteriormente descrita, la existencia en el mercado de muchos materiales, como son: hormigón cedular, telas tectinadas, asfaltos, corcho, etc. da lugar a que combinándolos debidamente se puedan conseguir una gran variedad de sistemas de cubierta de la misma o superior calidad que la descrita anteriormente.

Con esta instrucción prácticamente se habían oficializado los prototipos antes expuestos y aceptados como alternativa a la cubierta tradicional.

Conclusiones

La aportación de los arquitectos del GATCPAC a la resolución de cubiertas planas ha constituido un hito histórico gracias a la interacción entre industria y técnica, marcando un proceso nuevo que ha estado en constante evolución hasta nuestros días.

Bibliografía y documentación

— Archivo Nacional de Catalunya
— Archivo de COAC (Barcelona y Girona)
— Archivo Municipal de Manresa
— Archivo Municipal de Girona
— Archivo Municipal de Barcelona
— Archivo Municipal de Pineda
— Archivo J.B. Subirana
— Revistas AC

Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI

Enrique Rabasa Díaz

El término *estereotomía* es un neologismo relativamente moderno, que designa lo que antes se conoció como Cortes de piedra o de Cantería, o Trazas de Montea, es decir, el arte de encontrar la partición más adecuada del aparejo, de dar forma a las piezas de piedra que después deben coincidir en la construcción. El uso de la palabra estereotomía es además la culminación de un proceso dirigido a presentar esta disciplina como una ciencia racional. Pero más que un conjunto articulado de conocimientos, por mucho tiempo había sido sólo una colección de estrategias de geometría práctica. Empezará a adquirir un carácter de disciplina sistemática desde el siglo XVI, cuando nace una tratadística sobre el tema que se desarrollará hasta comienzos del XX.

La construcción medieval en piedra también requería, naturalmente, la organización de un despiece y la ejecución de la talla de sus elementos, aunque los procedimientos se transmitan por tradición oral. En la construcción gótica estos trazados y cortes aparecen integrados en la idea formal general, y participan en su característica búsqueda de la eficacia. Es decir, la bóveda gótica presenta una organización constructiva del despiezo que es inseparable de la estructura nervada que va a ser la apariencia final, y ambas, despiezo y forma general, son necesarias para la consecución de un resultado que es a la vez geométricamente elástico y mecánicamente eficaz.

El nuevo estilo renacentista ofrece respecto al gótico, no sólo importantes diferencias estilísticas y de estrategia mecánica, sino también una concepción distinta de la cantería. Los casos descritos en los tratados y manuales (arcos, bóvedas, etc.), aunque pertenecientes generalmente al repertorio clásico, serán muy variados, y la disciplina se presentará a sí misma como capaz de resolver los problemas de la construcción en piedra cualquiera que sea la forma a alcanzar. Es decir, se ocupará de encontrar una partición para hacer posible la ejecución en piedra de la forma ideal concebida previamente, y no tanto ya de la participación de este factor en el diseño de la estructura formal general.

La España de la segunda mitad del siglo XVI es un campo donde se encuentran estas dos concepciones, y en cuanto implican procedimientos radicalmente distintos pero coincidentes en el tiempo —y que además llegan a conciliarse en algunos casos para dar lugar a una cierta continuidad—, la situación es especialmente atractiva.

El objeto de esta comunicación es añadir datos sobre la traza de cantería tardogótica, que confirman para el caso español lo que en términos generales explicaron en su momento Viollet-le-Duc o Robert Willis, y también sobre la manera renacentista de abordar la talla de las dovelas de una bóveda esférica, llamando la atención sobre algunos fragmentos de escritos del s.XVI que tratan explícitamente la diferencia entre los dos procedimientos.

LA TALLA DE LOS ELEMENTOS EN LA BÓVEDA GÓTICA

La plementería es por definición un relleno informal, y la nervadura es un conjunto de arcos descompuestos en dovelas sencillas, que sólo ofrecen difi-

cultades en sus interferencias: en su convergencia sobre el pilar y en los cruces.

La zona en la cual los nervios se reúnen y convergen, interseccionándose, sobre el pilar, se denomina enjarje, «jarjas» o «jarjamento».[1] Desde el punto de vista del despiece es una prolongación del pilar, ya que las juntas son horizontales, y entre estas juntas los nervios, más o menos maclados, forman todos parte de un mismo sillar.

En la interpenetración algunas molduraciones van desapareciendo en el interior de otras. A veces la reunión de los nervios es tan ordenada que el capitel puede ser suprimido para mostrar la continuidad entre el pilar y el jarjamento, como ocurre en la catedral de Plasencia. O bien no hay correspondencia y las molduras del pilar siguen elevándose por encima del capitel para desaparecer sumergidas en el fascículo de nervios del enjarje, como se puede ver en la catedral de Salamanca.[2] En ocasiones cada nervio de la bóveda baja hasta el pilar siguiendo su camino espacial sin evitar la complicación del resultado, y llegando a reaparecer después de su intersección con otro; esto es muy común en el tardogótico alemán.

Pues bien, no es necesario que dibujo alguno anticipe el resultado de tales intersecciones para acometer la talla. El procedimiento es bien conocido. Fue el inglés Robert Willis quien lo explicó en 1842, a partir de observaciones arqueológicas.[3] Según la descripción de Willis, para obtener cada uno de los sillares, sobre el bloque desbastado se labran las superficies de los lechos superior e inferior, y en cada una de ellas se dibuja el contorno correspondiente a esa sección horizontal, y se completa la labra de las superficies exteriores vistas, es decir, las molduras, enlazando los dos contornos.[4] (figura 1) Lo interesante es que de esta manera tales contornos, por complicados que sean, se encuentran con toda facilidad y se trazan directamente sobre la piedra. En cuanto a los datos, las líneas esquemáticas del trazado general de la bóveda son suficientes. Basta con dibujar la planta del haz de nervios, es decir, una serie de rectas convergentes que representan los planos medios, y situar en cada una el perfil de la moldura correspondiente. La envolvente de todas es el contorno requerido. Sólo hace falta conocer la distancia de cada moldura al eje, y este es un dato que se toma inmediatamente de los trazados individuales de cada uno de los arcos.

Por este procedimiento, de manera natural, algunas formas de las molduras van desapareciendo en el interior de otras. Pero esto sólo se sabe al ejecutar la pieza. En muchos casos no habría una pre-visión real —en todos los sentidos, es decir, ni planificación ni dibujo— de los detalles de la forma resultante.

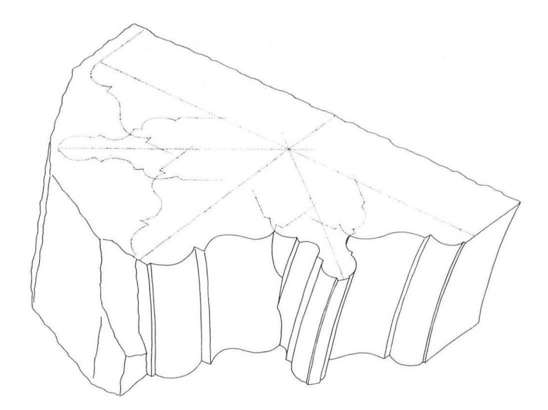


Figura 1
Diseño y labra de las piezas del enjarje

También sería posible imaginar que estos enjarjes se realizaran asentando los sillares con la superficie exterior desbastada y labrando *in situ* los nervios. Pero este no es el caso. Nos convencería de ello el hallazgo, en una intervención, de las huellas del trazado del perímetro —como las que encontró Willis—. Pero aún más convincente es el ejemplo de la capilla del Condestable de la catedral de Burgos, donde podemos ver un hueco entre los arranques de dos nervios, por el que cabe la mano, y que permite descubrir así, al tacto —si uno tiene la fortuna de alcanzar ese lugar mediante un andamio—, que las molduras también están talladas en ese interior, aun siendo inaccesible y oculto, con toda perfección (figura 2).

Sobrepasada esta zona, y ya en su recorrido normal, los cruces de nervios suelen estar ocupados por claves o torteras. Los nervios siempre se mantienen con la molduración vertical (incluso si el nervio es de los que aparecen curvados en planta, también dirige su molduración hacia abajo, verticalmente).[5] De manera que al reunirse o cruzarse sus planos de simetría se cortan según un eje vertical. El cuerpo redondo de la clave se sitúa en el lugar más cómodo para su función conectora, aproximadamente sobre el eje del cruce de los nervios. Las claves son pues, cilindros,

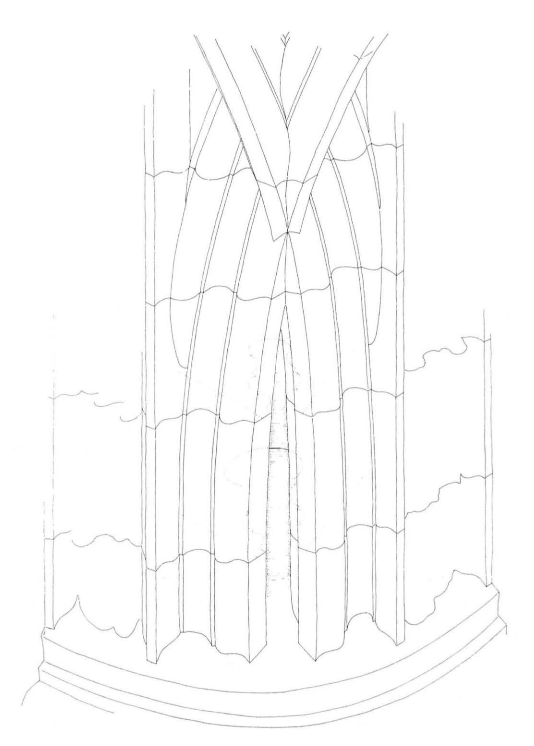
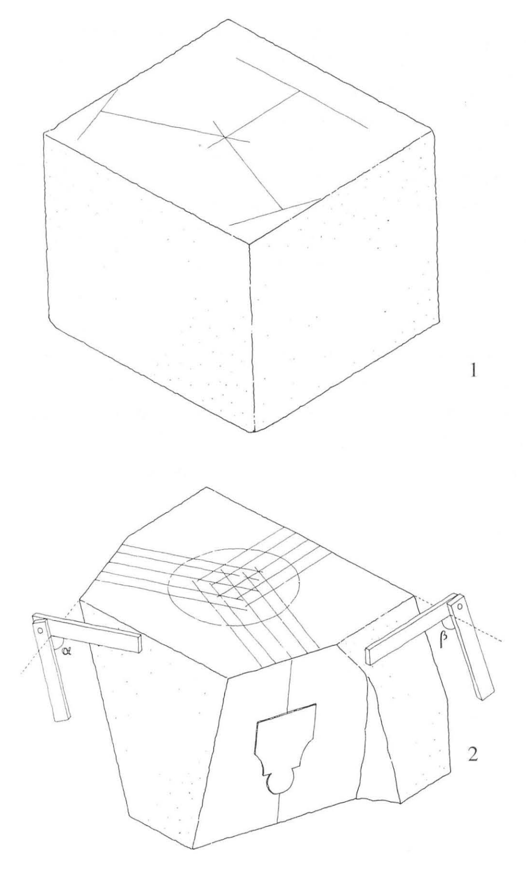


Figura 2
Arranque de los nervios en la capilla del Condestable de la catedral de Burgos



habitualmente verticales, con o sin molduras, sobre los que acometen nervios con diversas inclinaciones.[6] La ejecución precisa exige la correcta disposición de las acometidas, que acaban en un lecho para enlazar con las dovelas normales del nervio. Aunque la forma final pueda parecer complicada, su talla no exige del dibujo previo más que la planta esquemática y un par de ángulos.

El proceso sería como indica la figura 3. Sobre el bloque de piedra se talla en primer lugar un plano que será la superficie horizontal superior de la pieza, y en ese plano se trazan las líneas necesarias para guiar la talla (como lo que Willis llamó *superficie de operación*).[7] A continuación se tallan las superficies laterales inclinadas que corresponden a lo que serán los lechos o cortes de las acometidas. Como muestra la figura, una saltarregla serviría para tallar estos planos de manera que formen ángulos determinados con respecto a la superficie superior, ángulos que hemos llamado α y β. Hecho esto, se sitúan sobre tales planos las plantillas con el contorno de los nervios. Y ya hay referencias suficientes para completar la pieza

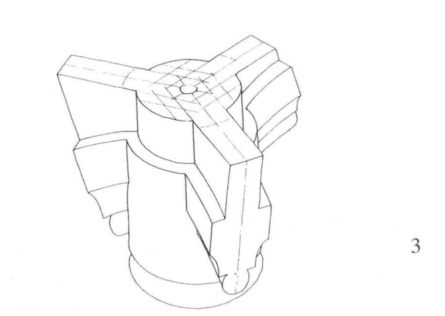


Figura 3
Proceso de talla de una clave gótica

labrando hacia abajo el cilindro y continuando las molduras de las acometidas hasta que lo encuentran. La superficie superior se labra pues sólo como referencia, y finalmente quedará oculta en la parte superior, en el extradós de la bóveda.[8]

Algunas claves de la catedral de Segovia aparecen en el trasdós, y se puede observar en ellas la convergencia sobre el eje de las trazas de los planos medios, y también dos líneas a cada lado de estas trazas, las interiores coincidentes con caja o espiga que traspasa la plementería, y las exteriores probablemente a plomo con el borde del nervio[9] (figura 4). En las que están perforadas (como Rodrigo Gil recomienda en su descripción)[10] el agujero no aparece por arriba exactamente centrado, lo que no es de extrañar si, como es lógico, se comienza a taladrar desde el intradós.

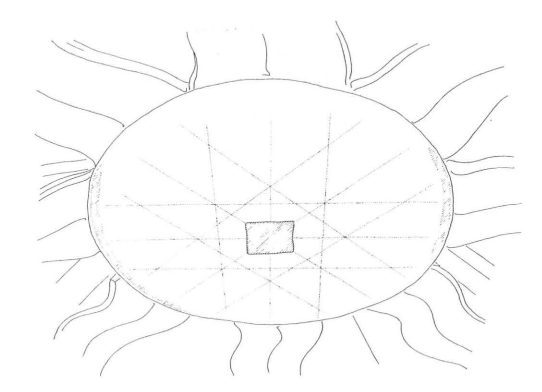


Figura 5
Trazas bajo la tortera de la clave central de la capilla del Condestable de la catedral de Burgos

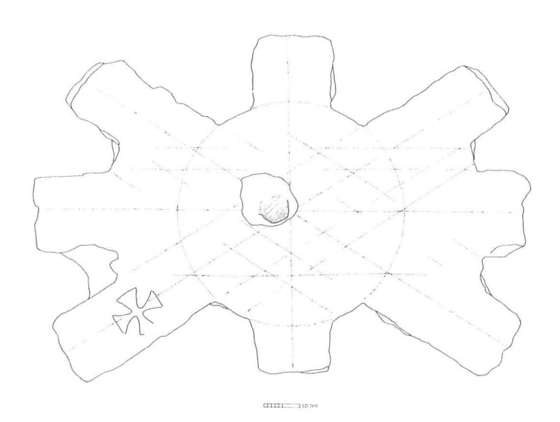


Figura 4
Trazas sobre el trasdós de una de las claves de la catedral de Segovia

La clave central de la mencionada capilla del Condestable en Burgos es una pieza de gran tamaño y de simetría estrellada, que presenta en su parte inferior un amplio disco plano donde han permanecido las trazas que guiaron su talla (figura 5). Esto supone una excepción: en este caso la superficie de operación fue una superficie aparente del intradós, porque podía quedar como referencia hasta el final (habitualmente está oculta por la tortera de madera).

Disponemos de dos dibujos españoles que parecen ser esquemas como los utilizados en las monteas. Ambos muestran también un corte horizontal en la parte superior de las claves, que confirma este procedimiento.

Uno de ellos está en el manuscrito de Hernán Ruiz, quizá anterior a 1560, que se conserva en la Escuela de Arquitectura de Madrid.[11] En este cuaderno encontramos algunos dibujos que representan trazas de cantería, con el delineado hábil y cuidadoso que caracteriza al resto del tratado, pero sin explicación alguna; aunque no es necesaria, porque los modelos son reconocibles. Estos trazados, como en Vandelvira y en general la tradición clásica de la Traza, buscan las longitudes y ángulos de las líneas de los sillares o las formas de las plantillas de sus caras. Pero junto a estas completas trazas renacentistas, hay también una *montea* que sólo atiende al esquema de las líneas generales, y representa una bóveda de crucería gótica (figura 6), con la planta y con los patrones de la verdadera magnitud o —podríamos llamarlo— las elevaciones de cada uno de los arcos, de los que se representa sólo una línea directriz. (Es decir, no es un alzado o proyección, sino un conjunto desarticulado de formas reales). A pesar de lo abstracto y escueto del esquema no deja de señalarse lo que parece ser el volumen de las claves, con aquel corte horizontal superior, que, como veremos, es necesario representar efectivamente para obtener los ángulos α y β que habíamos empleado.

El otro dibujo que mencionábamos representa las bóvedas nervadas de la cabecera de la iglesia parroquial de Priego en Cuenca, y en este caso se realizó

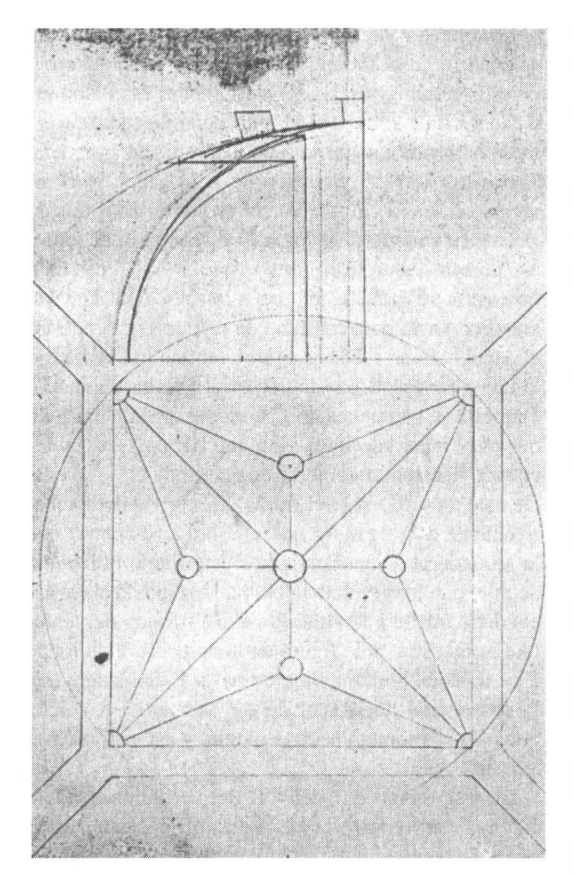


Figura 6
Hernán Ruiz. Trazado de una bóveda de crucería

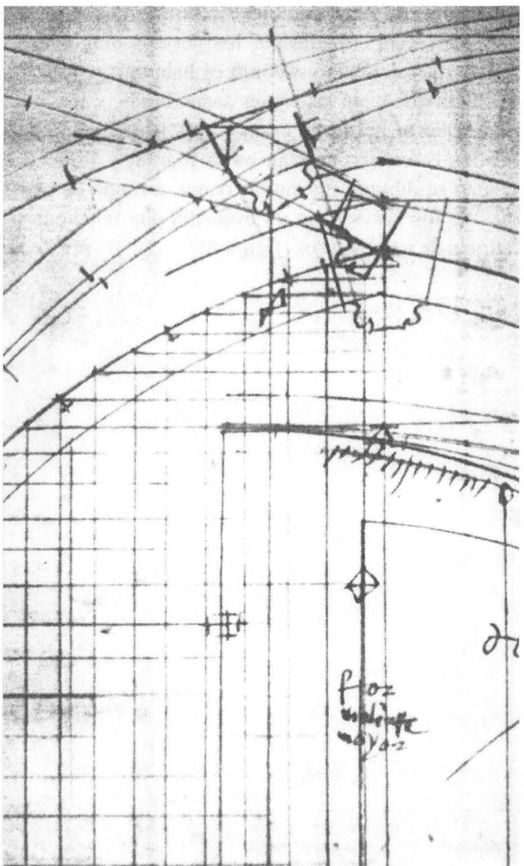


Figura 7
Francisco de Luna. Trazas para la tasación de la iglesia parroquial de Priego (Cuenca)

como levantamiento posterior, para la tasación de la obra,[12] pero ofrece también el croquis de los patrones de los arcos y el mismo corte en las claves (figura 7).

TRAZADO GENERAL SEGÚN EL MANUSCRITO DE HERNÁN RUIZ

En el tratado de Vandelvira hay una bóveda de crucería gótica. También en el manuscrito de Alonso de Guardia.[13] Aunque ambas construidas a la manera renacentista, que más adelante comentaremos. Y probablemente la encontraríamos en el de Ginés Martínez de Aranda, si nos hubiera llegado completo. Aparece también en el de De l'Orme, y en autores del XVII y el XVIIII,[14] ya entonces bajo la justificación de la restauración de las bóvedas góticas originales; y naturalmente reaparecerá en las explicaciones históricas de la teoría del XIX. A pesar de esta larga preocupación por dar, al menos, noticia de la bóveda gótica, el trazado de Hernán Ruiz y la descripción de Rodrigo Gil son de excepcional interés, porque responden más estrechamente a lo que conocemos de la construcción medieval.

La crucería que dibuja Hernán Ruiz,[15] sobre planta cuadrada y con terceletes, contiene sólo los elementos básicos de este tipo de bóveda. Los arcos de las cuatro embocaduras son apuntados. Pero el dibujo presenta una tentativa, borrada, de utilización de arcos de medio punto.[16]

La bóveda tiene una clave central y cuatro secundarias, y está cruzada por los nervios diagonales u ojivos (semicirculares, como es habitual), con las ligaduras que unen las claves secundarias, y los terceletes que bajan desde estas claves hasta los apoyos. Todos estos arcos están en la planta, y junto a la planta se dibujan sus curvas reales, a modo de patrones de los nervios, en un esquema que relaciona las alturas de unos y otros (figura 8).

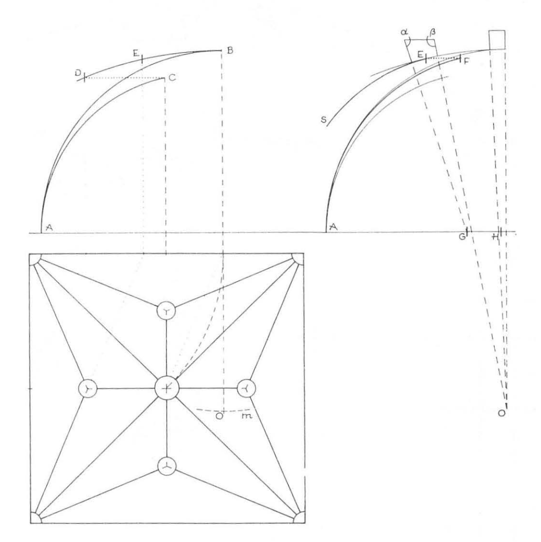


Figura 8
Reconstrucción del trazado de Hernán Ruiz para una bóveda de crucería

El extremo del tercelete debe llegar a la altura adecuada para enlazar con la ligadura; y ese nudo, unión de dos terceletes y una ligadura, está ocupado por una de las claves secundarias. Mientras la clave central, por su simetría, no ofrecerá dificultad para acometer su talla, estas claves secundarias son un punto interesante del dibujo. En efecto, aparecen como círculos en la planta, pero también hay una representación en las elevaciones de los nervios que se corresponde con ellas, y que no es propiamente lo que entenderíamos por una proyección vertical, sino sólo la expresión de los dos ángulos α y β, fundamentales para esta pieza, que habíamos utilizado al explicar el proceso de su talla. Veamos el proceso de construcción del dibujo.

Lo que se representa de los arcos en la elevación es el perfil de su intradós, y por eso el radio del ojivo no es la semidiagonal, sino algo menor: es el arco señalado AB. Y el AC es el arco de embocadura (formero o perpiaño), que se traza ligeramente apuntado. Todos los nervios que salen de A lo hacen verticalmente; si conocemos además el punto final, queda geométricamente determinado el centro y el radio; así podría haber sido construido el AC. Pero esta operación se ha hecho en todos los casos por tanteos, a juzgar por la gran cantidad de orificios que muestra el papel.[17] El arco BD es el arco teórico que enlazaría la clave central B con la del arco de embocadura C. Para ello se ha trasladado C horizontalmente hasta D, que es el lugar adecuado para que BD presente un recorrido horizontal como el que se mide en la planta. De este arco BD sólo el tramo BE corresponde efectivamente a la ligadura que une la clave central con la secundaria, y determinamos este tramo utilizando de nuevo la longitud de la planta. Así que la clave secundaria queda a la altura de E. El trazado del tercelete se muestra en la figura de la derecha: la altura de E se traslada horizontalmente hasta F de manera que la proyección horizontal de AF sea la del tercelete, que otra vez tomamos de la planta, y así se traza este tercelete AF.

En este dibujo el radio OB del nervio de ligadura BD es, con los errores de precisión normales en el resto de las medidas, justamente igual a la longitud de la diagonal de la planta, es decir, el doble del radio del crucero. El papel presenta incluso la incisión de un trazo seco de compás (m) para situar ese punto. Así que podemos suponer que no es una casualidad y que, en lugar de trazar el arco BD a partir de la cota de C ya establecida, se habría determinado primero la curva de la ligadura BD con ese radio OB y después se habría dibujado el arco de embocadura AC de manera que llegara a la altura de D. Sigamos, en cualquier caso.

Vemos la *representación* de la clave secundaria en E (a la derecha). Por el punto E pasa la línea que corresponde al nervio de ligadura, pero además, desde E y hacia la izquierda sale otro arco ES que es una traslación paralela del tercelete FA. Este tercelete FA tenía su centro en un punto H, y el arco ES lo tiene en G (HG = FE). La especie de clave que se sitúa en E tiene un límite superior horizontal, como ya hemos mencionado; tiene un límite a la derecha que parece dirigirse hacia el centro de la ligadura, el punto O; y

tiene un límite a la izquierda que se dirige hacia G, centro del arco de tercelete trasladado. Es difícil asegurar que segmentos tan cortos se dirigen precisamente hacia esos puntos alejados, pero si suponemos que es así (y nada parece contradecirlo), arriba aparecen los dos ángulos α y β que eran necesarios para la talla. Y en consecuencia lo que hemos llamado representación de la clave es una especie desarrollo de su sección quebrada.

Este dibujo esquemático de bóveda de crucería, que utiliza la planta y las elevaciones de los arcos independientes pero relacionando sus alturas, es en cierto modo semejante a otros que se conservan del tardogótico europeo.[18] No es una representación visual ni un sistema de proyecciones, ni está aún en el camino que llevará al sistema diédrico, pero ofrece todo lo necesario para el replanteo y la talla de los elementos.

Manera renacentista de tallar los elementos de una bóveda de crucería

Como José Carlos Palacios ha explicado, los tratados clasificarán con insistencia los métodos de talla de las piezas en dos estrategias.[19] Una es la denominada *por robos* o *por escuadría*, y la otra es la *directa*. Es probable que en la práctica se combinaran ambas; el procedimiento descrito antes para la clave gótica es de hecho una mezcla: como el de escuadría, emplea la proyección horizontal sobre una superficie provisional, y luego continúa con los planos contiguos para rodear la pieza, como el directo.

Una dovela de una bóveda semiesférica, vaída o sobre pechinas, se labraría preferentemente por el método directo. Palacios explicó ya claramente la asimilación de cada hilada a un cono, y su desarrollo, para obtener la plantilla de intradós correspondiente; y también la curiosa adecuación del baivel al encuentro de los lechos y las juntas con el intradós. A esto podemos añadir otros datos sobre la sucesión concreta de las operaciones.

Vandelvira no detalla el procedimiento, limitándose a describir la construcción de la plantilla del intradós, como si su aplicación posterior fuera universalmente conocida. Alonso de Guardia nos arroja luz sobre esto cuando en varios lugares dice:

> ...para labrar las piezas de la dicha capilla labrarás las caras con la cercha de la vuelta de cúpula, cortándolas con la forma que tuvieren sus plantas por cara, dándoles a los lechos y juntas la tirantez que causare el baivel de la dicha vuelta de cúpula.[20]

Y aunque también algo posterior, el manuscrito de Joseph Gelabert (1653) explica el mismo procedimiento, y especifica que el material de la plantilla debe ser flexible para su adaptación a la superficie esférica previamente tallada:

> ...axo son las plantas de la duella advertint que nos podem fer de post sino que an de ser de carto o de paper dobla o de qualsevol altra cosa sols que es pua doblegar, el modo de picar las pedras es que sa de picar primer la duella buidade ab la serca de la e. [que en el dibujo indica la cercha con la curvatura de la esfera] apres seha de posar la sua planta y ajupirla dins lo clot y señar a tota la rador de ella despres tant anel llit devall com anel llit demunt com anels caps sa de fer ab la serca de la m. [que en el dibujo es el baivel] qui es del matex punt de aquella de la e. y ab exa orde san de picar totas las pedras...[21]

Es decir (figura 9), sobre el bloque en bruto se labraría en primer lugar la superficie cóncava que ha de quedar vista, el intradós, comprobando su esfericidad con una cercha. Después se marcaría sobre ella el contorno preciso de esta cara, apoyando la plantilla.[22] Finalmente se tallarían lechos y juntas, todos con la ayuda del baivel, que corre por el perímetro marcado y garantiza que estas superficies encuentran ortogonalmente al intradós.[23]

Éste es también el procedimiento que explicará Derand (1643), la labra de la concavidad para sobre ella marcar el perímetro, y el uso posterior del baivel para juntas y lechos. Derand añade que la concavidad se labra empezando por una tirada de diagonales con la curvatura de la esfera, para eliminar después la piedra sobrante mientras se comprueba apoyando la misma cercha, como aparece en nuestra figura.[24]

Estas y otras cuestiones quedan sin detallar en los textos del siglo XVI, porque se suponen conocidas, y porque se propone un acercamiento a la forma poco riguroso y que no distingue sutilezas.

Pero todo esto se refiere a la manera de tallar dovelas de bóvedas de sillería renacentistas. Vandelvira y Alonso de Guardia presentan también bóvedas de crucería; ambas son perfectamente esféricas, y en consecuencia sus arcos formeros y perpiaños son de medio punto. La talla del enjarje sería semejante a la descrita más arriba, pero la talla de los cruces de nervios se aborda en estos dos casos siguiendo el proce-

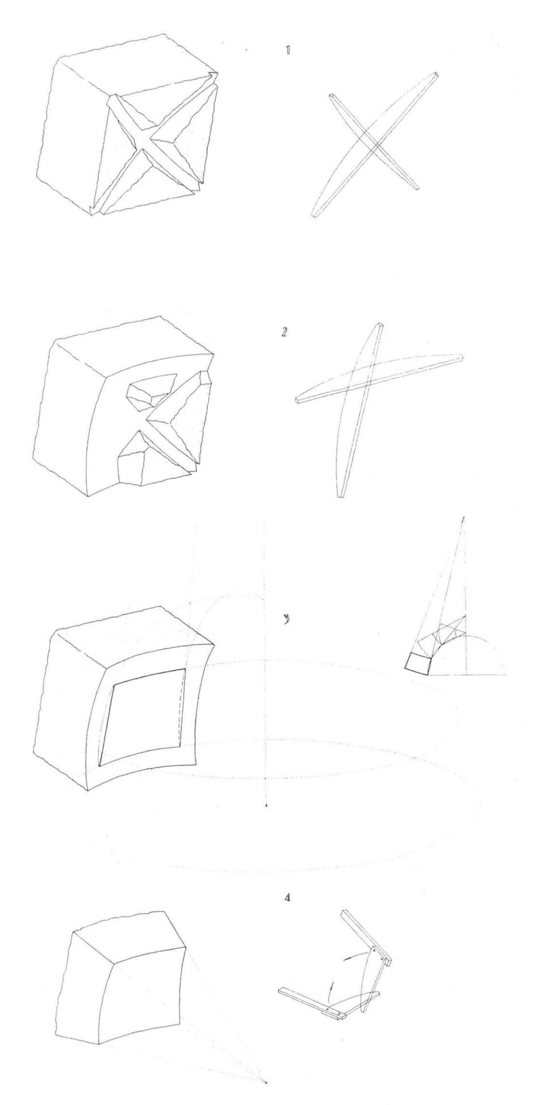


Figura 9
Proceso de talla de una dovela de bóveda esférica

dimiento explicado para la dovela esférica. Por eso se obligan a trazar la plantilla de la cara de intradós, que un cantero gótico no habría necesitado.

De hecho además Alonso de Guardia llega al extremo de emplear el mismo método para tallar las dovelas de los arcos formero y tercelete, lo que es verdaderamente sorprendente (figura 10).[25] Los nervios que dibuja son *revirados*, es decir, su sección recta

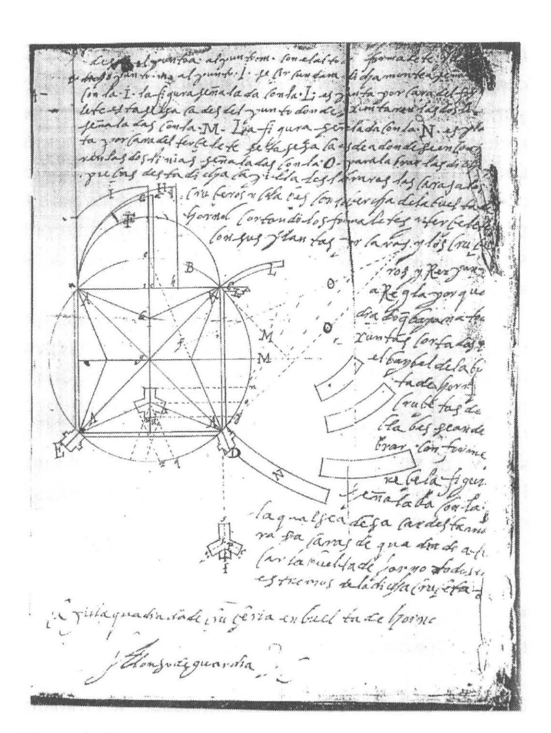


Figura 10
Alonso de Guardia. Bóveda de crucería

ha sufrido una deformación afín para mantener la verticalidad y adaptarse a la vez a la inclinación de la zona de la bóveda en la que están insertos. La alternativa (poco ortodoxa en una bóveda de apariencia gótica) sería la disposición en *cuadrado*, como De Guardia y Vandelvira coinciden en llamar, es decir, el nervio que surge ortogonalmente de la superficie esférica de la bóveda. Para obtener nervios o las molduras en cuadrado sería natural emplear el método que hemos explicado para las dovelas de bóvedas esféricas, porque en realidad se trata de dovelas alargadas o, en el caso de los cruces, con forma de estrella. Pero si el nervio es revirado, o simplemente vertical, el procedimiento tradicional no ofrece ninguna dificultad, empleando sólo la curvatura del nervio y la plantilla de la sección. Es más, la gran ventaja del uso del baivel para la dovela, la posibilidad de utilizarlo para todas las superficies que la rodean («por todos los cabos», como dice Vandelvira) desaparece entonces, ya que sólo sirve para las juntas. Sin embargo Alonso de Guardia se obliga a encontrar gráfi-

camente las plantillas de las estrechas caras de intradós, para seguir el método renacentista.

Por último llamaremos la atención sobre una breve mención que se puede encontrar en el libro de Vandelvira, acerca la diferencia entre la estrategia gótica y la planificación renacentista, en un capítulo de poco interés y difícilmente colocado. En efecto, casi al final de la obra, Vandelvira presenta otra bóveda de crucería sobre planta romboidal.[26] Al tratar el cruce de nervios dice:

> En lo que toca al trazar de las crucetas se ha de notar que toda capilla que fuere en vuelta de horno, se han de trazar sus crucetas por la dovela, mas siendo moderna u irregular hanse de trazar por las tardosas poniendo en cuadrado las crucetas el ancho en la planta, como parece en la cruceta S., y el ancho y alto en su montea como parece en la H., luego robándole a esta piedra conforme pidieren las cerchas del rempante y terceletes que se vienen a encontar en esta cruceta, teniendo en cuenta en qué altura se hallan los despiezos de la dicha cruceta.[27]

donde «tardosas» son trasdoses o extradoses, y «por la dovela» puede aludir también a la superficie del intradós del bolsor, que era otro significado habitual para esta palabra. H y S son escuadría contenedoras que efectivamente muestra la figura. Es decir, mientras que en la bóveda renacentista el cruce de nervios deriva de una dovela normal o sigue el mismo procedimiento a partir del intradós, en la gótica («moderna») se traza sobre un trasdós horizontal, y sus acometidas se tallan tomando los datos de las elevaciones, de acuerdo con el procedimiento antes descrito.

Conclusión

Durante la segunda mitad del siglo XVI se pasa lentamente de las bóvedas de crucería gótica a algo que puede tener una apariencia semejante, pero que ya es una bóveda vaída y de sillería renacentista. El cambio transforma los arcos apuntados en arcos de medio punto, redondea la sección, convierte la plementería en un aparejo de piezas grandes y correctamente labradas, ortogonaliza la decoración, etc.

Aunque un cruce de nervios tenga en ambos casos más o menos la misma forma, en cuanto a la traza y talla la diferencia es radical, desde lo más anecdótico (el método gótico comienza por arriba y el renacentista por el intradós), hasta lo más relevante (el método gótico no emplea más que la planta y algún dato sencillo, y se puede seguir como una receta, mientras que el renacentista exige la concepción espacial de las piezas y un trabajo gráfico previo para la obtención de la plantilla).

Como consecuencia los nuevos procedimientos, que suponen enfrentarse sin miedo a complejidades formales distintas en cada caso, darán lugar al desarrollo de un sistema gráfico para la resolución de problemas, y una anticipación visual de los resultados y la forma y posición de los elementos en todo su detalle, que terminará por generar lo que conocemos como sistema diédrico y geometría descriptiva. Por otra parte a partir de esa decisión de abordar la resolución de los problemas que la concepción de un espacio *a priori* plantea, se hará posible la separación entre forma y construcción —forma y despiezo en este caso—, y la separación de la decoración, antes unida a ambas. Como Palacios[28] ha señalado, la obtención de las plantillas de intradós equivale al desarrollo completo de las superficies aparentes y permite llevar sobre ellas labras decorativas independientes del despiezo.

Aún en el siglo XVI esta voluntad que no repara en esfuerzos para concebir la forma y pre*ver* por el dibujo, es algo torpe. No siempre emplea con soltura proyecciones distintas de la planta, y con frecuencia prefiere el uso de vistas frontales de los elementos planos, como en el trazado medieval. Pero lo que hemos visto en la crucería del manuscrito de Alonso de Guardia anticipa algo que será característico de la complejidad de la disciplina estereotómica de los siglos XVIII y XIX: un esfuerzo geométrico que con frecuencia resulta excesivo, porque ha perdido contacto con la tradición.

Notas

1. La expresión francesa *tas de charge* designa esto mismo, aunque en su sentido más general se refiere a los aparejos que avanzan manteniendo las hiladas de cortes horizontales.
2. Fernando Chueca, *La Catedral nueva de Salamanca*, Salamanca, Universidad, 1951, p.121. Se producen incluso cruces simétricos y premeditados en esta zona. Ocurre también en encuentros de ventanas geminadas de molduración gótica.
3. R.Willis, «On the construction of the vaults of the

Middle Ages», en *Transactions of the RIBA*, vol.1, parte 2, 1842, reimpreso en 1910.

4. El último sillar de las jarjas dispone en la parte superior los lechos de los nervios ya con su inclinación hacia el centro, para recibir las dovelas. Desde el punto de vista geométrico los perfiles a utilizar para las secciones horizontales no debieran ser iguales entre sí ni iguales a la sección recta del nervio, pero la diferencia es pequeña, y habitualmente imperceptible para el observador. R.Willis, op. cit., p.8.
5. Una curiosa excepción es la Cancillería Bohemia del Ludwigstrakt en Praga (1505), que retuerce los nervios por rotación de las molduras. Por otra parte, cuando los arquitectos neogóticos disponen nervaduras sobre superficies perfectamente esféricas y se empeñan en que la superficie de la bóveda reciba el nervio ortogonalmente, como en su salida del capitel está obligado a formar un haz con los otros nervios, debe girar en su recorrido para enderezarse.
6. El manuscrito de Simón García (*Compendio de arquitectura y simetría de los templos...*, 1681, facsímil Valladolid: COAV, 1990) dibuja una clave —que no se corresponde con la planta— de eje ortogonal al nervio donde acomete, sin seguir el revirado que en otro lugar propone como alternativa para los nervios. En cualquier caso se trata de una bóveda vaída. Una excepción que confirma la regla de la verticalidad de las torteras lo constituyen aquellas que surgen como decoración en el camino de un nervio, sin cruce con otro, como en la catedral de Astorga o la Capilla de la Presentación de la catedral de Burgos.
7. Willis observó las bóvedas inglesas. R.Willis, op. cit. Walter C. Leedy, *Fan Vaulting: A Study of Form, Technology and Meaning*, London: Scolar Press, 1980, afirma sin embargo que la «superficie de operación» no aparece en todas las bóvedas de abanico, aunque es frecuente en las últimas y en las grandes luces.
8. La referencia de cada lecho a la superficie superior provoca ángulos agudos entre ambas que quedarán finalmente ocultos, pero que en los casos más llamativos pueden ser evitados levantando un plano vertical de enlace, a modo de chaflán, a partir del trasdós de la moldura de lecho. Willis, op.cit., habla de este corte vertical que elude el ángulo y explica que se realiza con objeto de aligerar la pieza. Este es el camino que parecen proponer algunos dibujos del gótico tardío alemán, cuando muestran las claves encerradas en una especie de escuadría o prisma contenedor. Werner Müller, «Le dessin technique à l'epoque gothique» en *Les battisseus des cathedrales gothiques*, Strasbourg, Les Musées de la Ville, 1989, 237-254, y *Grundlangen Gothisches Bautechnik*, Munich, Dt. Kunstverl, 1990.
9. Agradezco al profesor José Miguel Merino de Cáceres que me llamara la atención sobre la existencia de estas claves aparentes en el trasdós.
10. Manuscrito de Simón García, op.cit.
11. Pedro Navascués, *El libro de Arquitectura de Hernán Ruiz, El Joven*, Madrid, ETSAM, 1974.
12. María Luz Rokiski, «La Cabecera de la Iglesia de Priego (Cuenca): Dibujos y Tasación», en *Cuenca*, nº 17, 1980, 27-34.
13. Alonso de Vandelvira, *Libro de traças de cortes de piedras*, 1575-1580 (facsímil en Geneviève Barbe-Coquelin de Liste, *Tratado de Arquitectura de Alonso de Vandelvira*, Albacete, Caja de Ahorros, 1977) fol.96v. El ejemplar de Ludovico Dolce, *Imprese de diversi principi,...*, Venecia, 1560, que conserva la Biblioteca Nacional de Madrid (ER 4196), contiene en el reverso de sus páginas trazas de cantería coleccionadas por un desconocido Alonso de Guardia, que aprovechó esta zona libre (ver Fernando Marías, «Trazas, trazas, trazas: tipos y funciones del dibujo arquitectónico», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Univ. de Cantabria, 1993); la penuria de papel que esto denota y la semejanza con Vandelvira y Martínez de Aranda hacen sospechar que no sería muy posterior.
14. El manuscrito del mallorquín Joseph Gelabert, *De l'Art de Picapedrer*, fechado en 1653 (facsímil en Palma de Mallorca, Diputación, 1977), presenta algunos interesantes capítulos dedicados a la bóveda de crucería. El tratado de Derand (P.Derand, *L'Architecture des voûtes*, París, Sébastien Cramoisy, 1643) dibuja la traza general y explica brevemente en el texto la talla del jarjamento. El tratado del P.Thomas Vicente Tosca (*Compendio mathemático...*, Valencia, Antonio Bordazar, 1707-15) sigue aquí, como en tantas cuestiones, al del P.Claude-F. Millet-Dechalles (*Cursus sue mundus mathematicus*, Tractatus XIV «De lapidum sectione», Lyon, Anissom, 1674), reproduciendo una crucería sobre bóveda vaída, aunque mejora el dibujo, y añade consideraciones sobre el cimborrio de la Catedral de Valencia. El francés Amedeé-François Frezier (*La théorie et la practique de la coupe des pierres et de bois... ou traité de Stéreotomie...*, Estrasburgo y París, Jombert, 1737-39) también tratará las bóvedas góticas.
15. Hernán Ruiz, *Arquitectura*, 46v (facsímil en Pedro Navascués, op.cit.).
16. El dibujo presenta también un primer ensayo borrado, casi todo él una mera traslación del definitivo: parece haber sido rehecho para que coincidan todos los arcos en su nacimiento con el formero, cuyo arranque es fijo.
17. Y no todos estos orificios se encuentran exactamente a nivel con A.
18. W. Müller los llama «derivaciones»: utilizan el desarrollo de un camino que lleva desde el nacimiento al punto más alto de la bóveda y va resolviendo las cotas inter-

medias; y este autor explica su carácter instrumental y alejado de la representación figurativa convencional. W.Müller, «Le dessin technique...», op.cit.

19. J. C. Palacios, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*, Madrid, Minist. de Cultura, 1990.
20. Op.cit. nota 13, vuelta de la página con el número 87.
21. Joseph Gelabert, op.cit., p.90.
22. Si el operario busca el contacto pleno de la plantilla con la superficie cóncava, teóricamente encontraría problemas en la adaptación. Pero el tamaño de la pieza suele ser pequeño en relación con la curvatura de la bóveda, de manera se puede pasar por alto el hecho de que la superficie esférica no sea desarrollable. También puede ser que, como en nuestra figura, se adapten sólo los bordes superior e inferior, lo que sería geométricamente más correcto.
23. También es posible la talla de estas dovelas por escuadría. Lo advierte De L'Orme, y lo explica detalladamente Derand, aunque todos prefieren el procedimiento directo.
24. F. Derand, op. cit., parte IV, cap.X.
25. Op.cit. nota 13.
26. Para la determinación en este caso especial de la forma de los nervios. Algunos son arcos de elipse, lo que muestra el alejamiento de la práctica gótica.
27. Alonso de Vandelvira, op.cit., fol.124r. (sin numerar), y dibujo en 124v.
28. José Carlos Palacios, op.cit.

La construcción de puentes en el siglo XVIII: innovación y tradición

M.ª José Redondo Cantera
Miguel Angel Aramburu-Zabala

De Juan de Herrera a Marcos de Vierna: el debate en torno a los puentes

En 1769 Miguel Sánchez Taramas señalaba por orden cronológico los hitos fundamentales de los puentes de la Edad Moderna: El Puente de Segovia en Madrid, de Juan de Herrera; el Puente de Toledo en Madrid, terminado por Pedro de Ribera; y el Puente de Aranjuez, obra de Marcos de Vierna.[1] En efecto, estos tres puentes marcaron unas pautas de construcción y fueron siempre vistos en clave monumental, lo que sería valorado por unos y criticado por otros. En torno a ellos se establecieron los debates fundamentales de los puentes españoles.

En el *puente de Segovia en Madrid* (1574), Juan de Herrera busca intencionadamente una monumentalidad inspirada en Alberti y sobre todo en Serlio (figuras 1 y 2). Constituyó un modelo de puente del que surgieron unas tendencias conservadoras que alcanzaron hasta Marcos de Vierna a finales del siglo XVIII. El primer eslabón teórico en esta tradición conservadora es el tratado de *Fray Lorenzo de San Nicolás* titulado «Arte y Uso de la Arquitectura» (Madrid, 1633 y 1665). Como si fuera una explicación de los proyectos de Juan Gómez de Mora, propone puentes de doble rasante, arcos desiguales de medio punto y escasa luz, pero advierte que el río suele variar su madre hacia los arcos más pequeños, arruinando la obra. Esto será objeto de debate en los años siguientes, pues mientras este tipo de puentes tiene un carácter cerrado en sus extremos y exige una gran longitud, otros proponen puentes de rasante horizontal, más cortos, con menos arcos y con un fuerte refuerzo en las riberas que impidan el desbordamiento del río.

En la obra del *puente de Toledo en Madrid* (figuras 3 y 4) se enfrentaron las dos tendencias desarrolladas en el siglo XVII: la tendencia innovadora (Pedro y Gaspar de la Peña, Melchor Luzón) proponía puentes muy cortos, de rasante horizontal, con arcos de medio punto de relativamente amplia luz y situados muy altos, con pocos arcos y fuerte reforzamiento de las riberas. La tendencia conservadora (Tomás Román, el Hermano Bautista, Fray Lorenzo

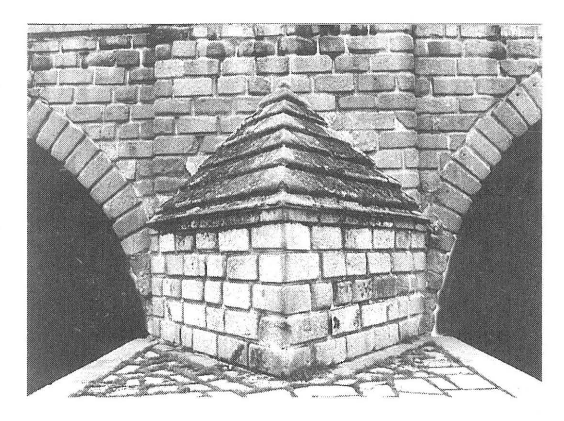


Figura 1
Puente de Segovia en Madrid. Tajamar

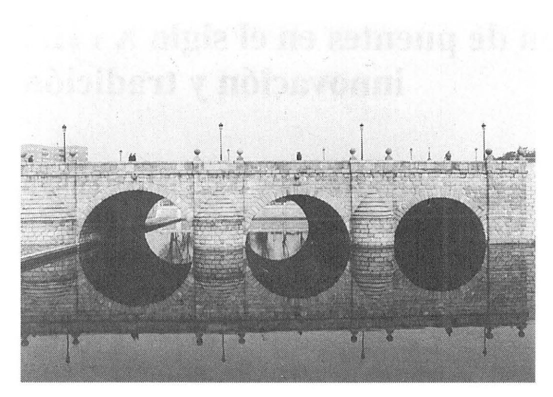


Figura 2
Puente de Segovia en Madrid. Vista aguas abajo

de San Nicolás) proponía puentes largos, con gran número de ojos desiguales por la doble rasante y con luces muy pequeñas. Todas las propuestas, incluso las más innovadoras, están condicionadas por los dos proyectos iniciales de Juan Gómez de Mora. Se impuso finalmente la idea de monumentalidad manifiesta en la obra de Pedro de Ribera (proyecto de 1719, con añadidos posteriores).

Entre 1759 y 1768 el *Padre Pontones* escribe un tratado sobre los puentes en el que se declara a favor del progreso frente al estancamiento, para lo que considera necesario unir la teoría y la práctica.[2] Recoge su experiencia práctica de más de treinta años como cantero, enlazando con la tradición construc-

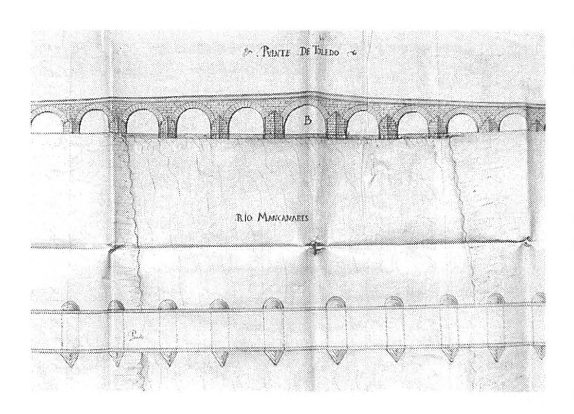


Figura 3
Proyecto del puente de Toledo en Madrid. Juan Gómez de Mora. Archivo de la Villa de Madrid.

tiva de la primera mitad del siglo XVIII. El es el hombre del Consejo de Castilla en materia de puentes en esos años. Pontones se interesa también por la teoría, pero las antiguas referencias a Alberti, Serlio o Palladio son sustituidas por la moderna teoría francesa, llena de Matemáticas, Mecánica y Estática, citando a De la Hire, Belidor, Fresier, y Blondel. El uso de un método científico, basado en la matemática, pero no sólo en la geometría, permite el diseño de puentes innovadores con arcos carpaneles de amplia luz, con un conocimiento de la presión que ejercen en los pilares y los estribos de las riberas. La propia disposición del trabajo de cantería resulta también innovadora.

Frente a esta visión científica se impuso después una idea conservadora, representada por *Marcos de Vierna* (documentado desde 1733 y fallecido en 1780). Vierna era también un cantero trasmerano, pero la diferencia estriba en que él rechaza el aspecto

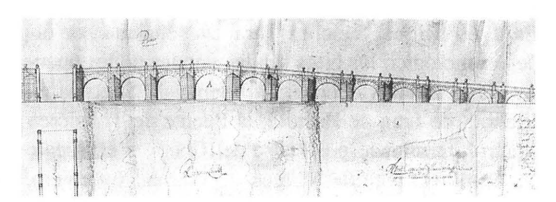


Figura 4
Segundo proyecto del puente de Toledo en Madrid. Juan Gómez de Mora. Archivo de la Villa de Madrid

científico de la profesión del arquitecto. A pesar de ello Marcos de Vierna alcanza uno de los puestos de mayor poder que haya tenido en España un «arquitecto», pues como Comisario de Guerra y Director de los Caminos y Puentes del Reino, ejecuta el control del Consejo de Castilla sobre las Obras Públicas y ello implica no sólo la revisión de todos los proyectos de caminos y puentes del reino sino también el poder designar a los encargados de las obras. Vierna enfrentó en todas las ocasiones el único valor que podía ofrecer, la práctica, frente a la ciencia y la teoría. Citó a Palladio curiosamente como autoridad para defender la primacía de la práctica, y ello contra Ventura Rodríguez en relación con el proyecto del puente de Pariza en Burgos. Alegó también la práctica frente a los ingenieros militares en la construc-

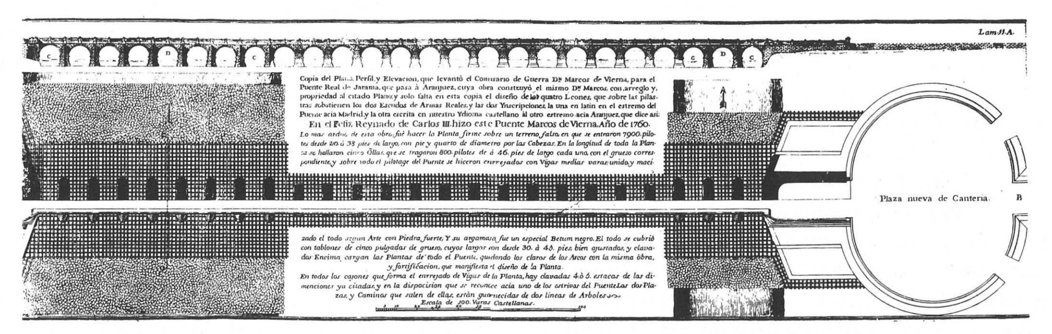


Figura 5
Plano del puente de Aranjuez. Publicado en Juan Muller, *Tratado de fortificación...*, Barcelona, 1769

ción del camino de Santander a Reinosa (de Sebastián Rodolphe decía que era «muy ignorante en lo principal del ministerio»; de Pedro Bordán que mantuvo «los más de los días zinco ombres de la obra ocupados en andar en su compañía cargados con instrumentos de reglas y nibeles tomando medidas, cosa que allí no se necesita pues cualquier práctico, con solo el conocimiento de la vista, sin usar de instrumento alguno, sacaría la obra de aquel sitio con más perfección que la que tiene en su delineamiento; por lo que solo puedo atribuyr los exzesos que comete el expresado D. Pedro Bordán a mala intención o ninguna inteligenzia»). Vierna era un «práctico» orgulloso de serlo que se impuso frente a los ingenieros militares y los arquitectos de la Academia. Con ello estaba en sintonía con el Consejo de Castilla, como organismo conservador frente a las novedades relacionadas con la monarquía borbónica. Como vemos, el mundo de la cantería tradicional estaba lejos de ser derrotado a fines del siglo XVIII.

El *puente de Aranjuez* (1760-61), de Marcos de Vierna (figura 5), fue criticado sutilmente por Miguel Sánchez Taramas en las adiciones al tratado de Juan Muller: «El Puente de Aranjuez, sobre el Río Jarama, es obra de consideracion y aprecio; pues aujnque sus arcos, en numero de veinte y cinco, sean solo de treinta pies de diametro, y los pilares de doce de grueso; con todo, su primorosa labor, que es de buena silleria, sus pretiles adornados de tableros, y pedestales, y su longitud de 1080 pies, o 360 varas, con 39 pies de ancho, y 42 de altura, inclusos los antepechos, le hacen recomendable en su clase, vistoso, util, y comodo». Así pues, se critican las proporciones del puente, conservadoramente masivo, para destacar la primorosa labor de cantería, sus adornos y su monumentalidad, las mismas características que se adjudicaban a los puentes de Segovia y de Toledo en Madrid. Se critica el diseño general que busca la monumentalidad, pero se aprecia esta monumentalidad y la solidez que procede de un cuidadoso trabajo de la cantería. Sobre el Puente de Segovia, Sánchez Taramas señala que «es de piedra cortada, muy hermosa, y hecha a toda costa»; y sobre el de Toledo señala que destaca por «la magnificencia de esta fabrica y su primoroso adorno». Sánchez Taramas prefiere otro tipo de puentes (figura 6) y contrapone el de Aranjuez al de *Molins de Rey* (1763-67), sobre el Llobregat, con airosos arcos carpaneles, considerados por Muller y Taramas como los más adecuados (frente a los de medio punto en Aranjuez) y con los

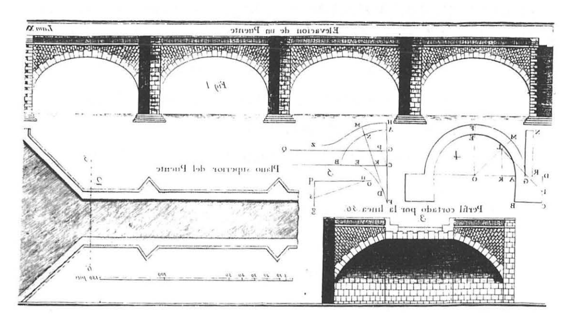


Figura 6
Plano de un puente, publicado en Juan Muller, *Tratado de fortificación...*, Barcelona, 1769

tajamares «formados de dos porciones cilindricas», forma que considera «mucho mas ventajosa que la ordinaria de figura triangular». También aquí alaba la cantería «cuyo primoroso corte, ajuste, y asiento constituye la robustez y hermosura del Puente».

Sánchez Taramas contrapone la tradición conservadora a otras propuestas más innovadoras, pero uno de los valores en que coinciden todos los puentes que pondera es el de la cantería bien hecha porque aporta hermosura y sobre todo solidez. Antoine Picon[3] ha señalado que a finales del siglo XVIII el debate constructivo cristaliza alrededor de la noción de «solidez» y sólo a partir de los años 1820-30 los ingenieros podrán verdaderamente apoyarse en el cálculo de la resistencia de materiales. De este modo, el perfeccionamiento de las técnicas tradicionales, como la cantería, juegan un papel importante en el desarrollo de la construcción en el siglo XVIII, puesto que la nueva ciencia constructiva no puede aplicarse todavía. Las novedades constructivas que aparecen en Francia (trasladadas a España por el Padre Pontones al dar a conocer las ideas del tratado de Ingeniería Hidráulica de Belidor; y por Muller y Sánchez Taramas respecto al tratado sobre los puentes de Gautier) se basan no en esta nueva ciencia de la resistencia de los materiales, sino en el perfeccionamiento de la cantería.

En el siglo XVIII, el proyecto deriva en puro cálculo que prevé y controla todo el proceso de construcción, para lo que se busca homogeneizar todos los factores que intervienen. En los puentes, con el uso de los «anses de panier» (arcos «apainelados» o carpaneles), los «arches tendues» (escarzanos) y la disminución del grosor de las pilas, se desarrolla un tipo de puente dinámico, que precisa una coordinación de la construcción y que, como observaba Muller, la abarata. Pero, como señala Antoine Picon (1984) «le caractère souvent paradoxal du débat constructif des Lumières provient sans doute pour une part de cette tension entre tradition et innovation», de modo que los tratados del siglo XVIII sancionan un estado de hecho de las técnicas tradicionales que los arquitectos deben respetar. En Francia y en España conviven innovación y tradición. Las nuevas ideas de los arquitectos titulados en las Reales Academias o de los Ingenieros Militares están lejos de imponerse totalmente en el siglo XVIII en el debate constructivo. Marcos de Vierna triunfa plenamente y critica sin pudor a ingenieros y arquitectos desde su reivindicación de la cantería tradicional. En este sentido, el puente de Mansilla de las Mulas (León), que comentamos a continuación, es un ejemplo de la realidad constructiva española a fines del siglo XVIII.[4]

Arquitectos y canteros en el puente de Mansilla de las Mulas (León)

Entre las numerosas reparaciones que experimentó este puente,[5] hemos escogido la que tuvo lugar entre 1775 y 1786. Los abundantes datos documentales encontrados en torno a ella[6] testimonian la permanencia, sobre todo en medios provinciales, de una serie de procedimientos sobre la concepción del proyecto, el encargo de su ejecución y el modo de llevarlo a cabo, en los que se recoge una tradición secular. Tal organización del trabajo en la construcción o reparación de puentes estaba llamada a desaparecer en los años inmediatamente siguientes, no sin dificultades, por la imposición de las nuevas normas reguladoras que la Ilustración dictó sobre las obras públicas y su supervisión por parte de la Academia,[7] y más adelante, ya desde comienzos del siglo XIX, por las nuevas técnicas constructivas, los nuevos materiales y la preparación y titulación de los profesionales dedicados a ello.

En enero de 1775 la villa de Mansilla de las Mulas encargó al arquitecto *Sancho Menéndez* (ca. 1716-1777), vecino de León, que realizara un informe sobre los daños causados por la riada del 12 de diciembre del año anterior, que había arruinado la parte central del puente, compuesta por una pila y dos arcos (el cuarto y el quinto contando desde la población), y provocado ciertos desperfectos en los pilares



Figura 7
Vista general del puente de Mansilla de las Mulas (León), aguas arriba

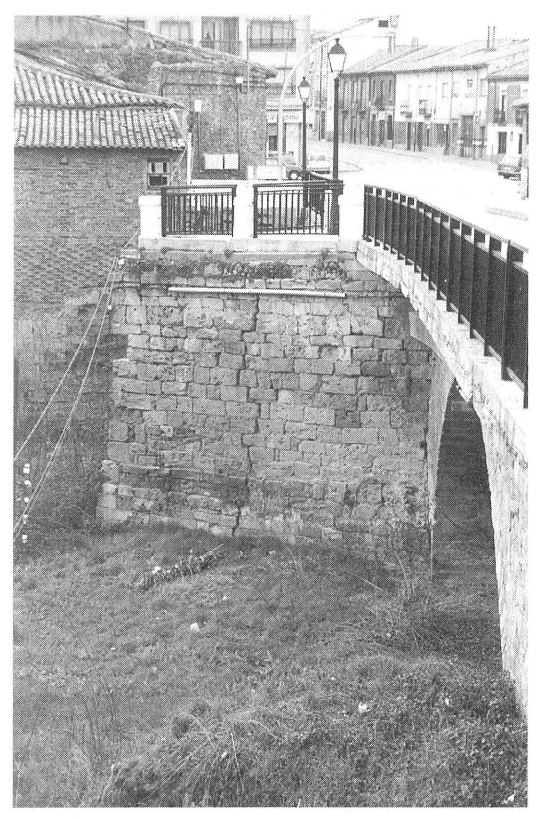


Figura 8
Mansilla de las Mulas. Tajamar de ángulo agudo de época gótica

situados junto a la muralla. Menéndez atribuyó los deterioros a la inexistencia de zampeado (pilotaje de madera) en esta parte del puente, ya que observó que habían quedado indemnes los tres últimos arcos, del sexto al octavo, que en 1718 habían sido reparados y protegidos de este modo; con objeto de prevenir inundaciones en las tierras de la margen derecha del río, situadas en una cota más baja, recomendó aumentar una vara la altura de la barbacana que las protegía, al tiempo que consideró necesario elevar y reforzar las barbacanas que resguardaban las murallas de la villa. Se hizo un paso provisional de madera según proyecto de Menéndez y se comenzó a tramitar el expediente de las obras ante el Consejo de Castilla. El maestro consultor de éste, el Comisario de Guerra *Marcos de Vierna,* estimó insuficiente el informe del arquitecto leonés, al no ir acompañado de los correspondientes dibujos de planta y alzado, así como las condiciones para contratar la obra. Añadió algunas precisiones, como la necesidad de excavar en profundidad la pila arruinada y de hacer extensivo el zampeado a todo el puente, incluidos los arcos.

Casi un año después de haber redactado su primer informe, Sancho Menéndez emitió uno más completo, al que añadió los dibujos del puente solicitados por Vierna, con tintas diferentes para distinguir lo existente de lo proyectado. En la descripción del procedimiento a seguir para cimentar y construir la pila, Menéndez demostró su conocimiento del tema. Volvió a proponer como modelo los arcos reconstruidos en 1718, en los que los tajamares y estribos se habían construido al mismo tiempo que las pilas y se elevaron hasta el tablero. Para asegurar la parte del puente situada junto a la villa recomendó eliminar la presa fabricada aguas arriba, cuya ubicación era contraria a las Ordenanzas de Toledo dictadas por Carlos V, rellenar un pozo existente en esta zona y, además de reforzar sus pilares, dejar el primer arco en seco, para lo cual se desviaría el curso del río hacia el Oeste, tal y como se encuentra en la actualidad. Pero Menéndez no se limitó a proyectar la reparación del puente, sino que entendió éste como parte de una vía que también tenía otros problemas de tránsito, sobre todo en los tramos que se dirigían hacia Mansilla Mayor y Villamoros, pues la firmeza del terreno en ese área estaba amenazada por la propia naturaleza pantanosa

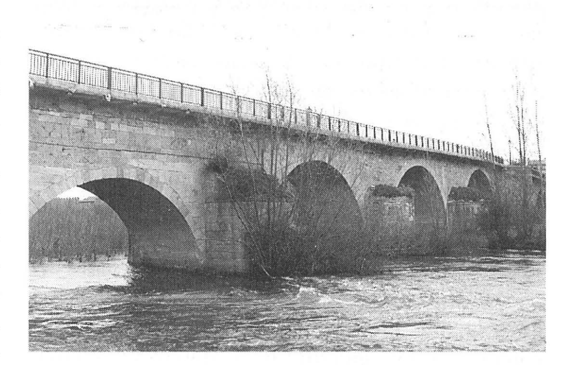


Figura 9
Puente de Mansilla de las Mulas aguas abajo. El puente del siglo XVI se observa en el primer arco, espolón y línea de rasante. Tercer y cuarto arco, obra de Arnáiz (1783-86)

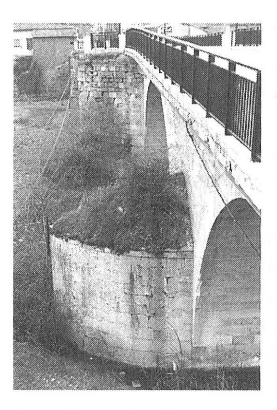
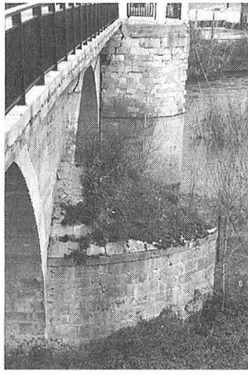



Figura 10
Tajamar (izquierda) y espolón (derecha) construidos por Arnáiz en 1783-86

del terreno y por las frecuentes inundaciones que sufría, bien por causas naturales, bien por la existencia en esa zona de varias acequias y de una presa. Por esta razón incluyó en las condiciones el ensanche del camino y el de dos puentecillos, de dos arcos cada uno.

En agosto de 1776, Vierna dio su aprobación al proyecto y presupuesto y meses más tarde, en noviembre de ese año, propuso la adjudicación de las obras a *Pedro Arnáiz* (1738-?), vecino de Riotuerto, a *Juan de la Riva,* vecino de Setién, y a *Diego Martínez,* vecino de León. Vierna justificó la elección de tres maestros porque de este modo se aseguraba la conclusión de la obra, en caso de que alguno de ellos muriese o enfermase, como así sucedió. Los canteros firmaron la escritura de obligación el 29 de julio de 1777, aunque no fue aprobada por el Consejo Real hasta más de dos años después.

Las dificultades que surgieron para conseguir los recursos económicos necesarios demoraron el comienzo de la reparación. En vista de ello, en 1779 los maestros decidieron financiar parcialmente las obras, ofreciendo hacerse cargo de casi la tercera parte del coste total, el censo de cien mil reales que tenía que emitir la villa. En agosto de ese año el Consejo Real solicitó informe para ello no a Marcos de Vierna, quien moriría a los pocos meses, sino al arquitecto *José Ortiz de Solares,* también de origen cántabro, quien en torno a esas fechas intervenía en el puente de Renedo (Valladolid), declarándose vecino de Entrambasmestas y de Liérganes. La oferta fue aceptada en el otoño de 1781 y se firmó un nuevo contrato de obras. Aunque éstas se adjudicaron oficialmente a Arnáiz y sus compañeros el 9 de noviembre, a los pocos días dos maestros presentaron una baja para hacerse con la contrata. Uno de ellos fue el arquitecto gallego *Miguel Rodríguez,* vecino de Madrid, quien había intervenido en el puente de Brihuega (Guadalajara). El otro fue el maestro de obras vallisoletano *Juan Manuel Rodríguez,* quien por esas fechas participaba en la construcción del puente de Renedo (Valladolid) y en el de Peñafiel (Valladolid), en este último junto a su padre, *Antolín Rodríguez,* con quien Arnáiz había trabajado en el puente de Villalpando (Zamora), por cuyos pagos se suscitó un pleito entre ambos.

Mientras se dilucidaban estos conflictos, Arnáiz se quedó solo al frente de las obras del puente. Diego Martínez se había retirado por motivos de edad y salud y de la Riva había muerto, sin que Arnáiz permitiera a su yerno, *Juan Antonio Fernández de la Riva,* vecino de Agüero (Cantabria), hacerse cargo del tercio que le correspondía a su suegro. Por fin, en mayo de 1783 el maestro cántabro pudo dar comienzo a las obras. Para reconocer el acopio de materiales, herramientas y maquinaria que se hallaba preparado, en agosto se trasladó desde Valladolid el arquitecto titulado por la Academia *Pedro González Ortiz.* Aprovechando su estancia, la villa le encargó el proyecto de unas modificaciones al proyecto de Menéndez, por las que se permutaba la elevación de las barbacanas y

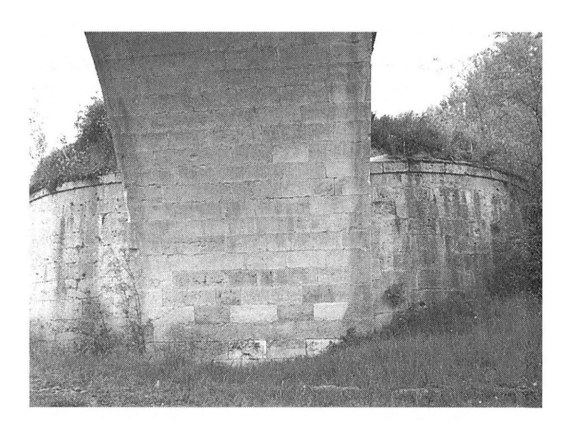


Figura 11
Detalle de la cantería de la obra de Arnáiz

el ensanchamiento de la calzada a Villamoros por la mayor amplitud y la nivelación de la plaza a través de la cual se entraba al puente desde la villa, y por la construcción de una calzada de más de trescientos pies en la margen derecha del río, hacia Mansilla Mayor, con su puentecillo sobre la acequia. Arnáiz lo aceptó y en diciembre de ese mismo año se celebró un segundo reconocimiento por González Ortiz, quien vio que ya estaban hechos los zampeados de los arcos derruidos. En agosto de 1784 *Francisco Javier de la Rodera,* maestro de obras del Cabildo de la Catedral de Valladolid, emitió otro informe en el que lo más significativo fue la constatación de la inexactitud de la medición efectuada por Menéndez (58,5 pies), lo que daba lugar a un pilar de sólo 11 pies. Ante la falta de firmeza que se derivaría de esa relación, Arnáiz se proponía trazar dos arcos de 54,5 pies y una pila de 19, lo que fue ligeramente alterado por Rodera, al añadir medio pie y uno, respectivamente, por lo que la proporción quedaba en 3:1. Por su parte, los vecinos de la villa encargaron su propio reconocimiento a dos arquitectos vecinos de León, *Francisco Rivas* (1736-?) y *Manuel Suárez* (1737-?). Estos denunciaron la forma con la que se estaba llevando a cabo el pilotaje de la pila, pues las maderas eran menores que lo establecido y carecían de puntas de hierro, por lo que no se habían introducido lo suficiente en el subsuelo, mientras que en la cimentación ni se habían excavado más que 3 pies de los 8 requeridos, ni en el enrejado se estaba ligando con argamasa. Como se temía que todo ello afectara a la estabilidad del pilar, fue nombrado árbitro en este conflicto Pedro González Ortiz, quien ratificó el informe de los maestros leoneses, aunque reconoció que la naturaleza cascajosa del terreno impedía profundizar más con garantía; por otra parte, en vista de que ya estaban colocadas más de tres hiladas de sillería, recomendó seguir con la obra, aunque era necesario ampliar y reforzar el zampeado para resguardar la pila. En cualquier caso, Arnáiz se consideró perjudicado por González Ortiz y le recusó para los siguientes informes, en 1785 y 1786, que fueron hechos por el maestro de obras del obispado de Valladolid, *Alonso Martín,* quien estimó que las mejoras que había introducido Arnáiz compensaban lo que faltaba por cumplir, entre lo que se encontraba la reparación del primer tajamar, que el cántabro se resistía a llevar a cabo mientras no se eliminara la presa situada aguas arriba. La villa acusó a Martín de haber actuado con parcialidad, por lo que el Intendente or-

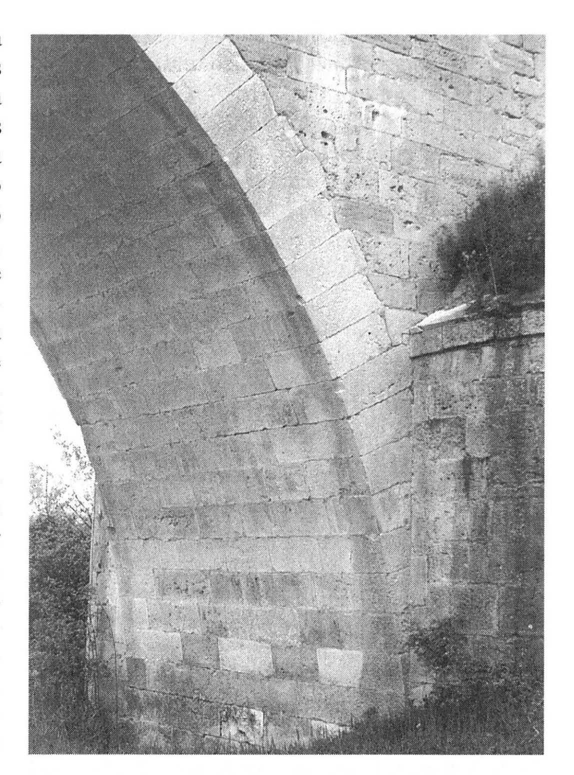


Figura 13
Arranque de un arco del puente (1783-86)



Figura 12
Arcos construidos en 1783-86

denó un nuevo reconocimiento, a cargo del presbítero y teniente coronel de ingenieros *José Santos Calderón de la Barca* (ca. 1716-?), a la sazón vecino de Medina del Campo, amigo de Ponz, arquitecto e ingeniero de gran prestigio, que intervino en importantes obras en la segunda mitad del siglo XVIII, como el puente de Cartes (Cantabria) o el de Lequeitio (Vizcaya).[8] Calderón confirmó el peritaje de Martín y poco más tarde las obras se declararon oficialmente terminadas.

A lo largo de estos conflictos se puso claramente de manifiesto una cuestión de capacitación relacionada con el trabajo de la cantería, que todavía conservaba en los puentes uno de sus más claros dominios. Vierna calificó a los maestros elegidos de «facultativos en cantería y exercitados en esta clase de obras». Por su parte, a lo largo de su trabajo en el puente de Mansilla, Arnáiz se jactó de «haber labrado la piedra con mucho más exceso de lo que se acostumbra». Conocedor del material y de sus posibilidades, introdujo modificaciones en la procedencia de la piedra; para los arcos prefirió utilizar las canteras del valle de Boñar a las de Las Arrimadas, por el pequeño tamaño de los sillares que se podían extraer de esta última, y para las calzadas escogió las del valle de Villamer, Rueda del Almirante y Saelices del Payuelo, más distantes, pero de mejor calidad que las de Villa Gurgula. Por otro lado, Arnáiz descalificó a sus competidores como «albañiles» y consideró ignorantes «en semejantes obras» a los leoneses Rivas y Suárez. Efectivamente, los maestros de obras no solían estar familiarizados con la cantería como método constructivo, aunque en la segunda mitad del siglo XVIII con fecuencia tales profesionales tambiénintervinieron en reparaciones de puentes. El mismo Arnáiz consintió que el peritaje de su obra lo hicieran maestros de obras (Rodera, Martín), pero significativamente y como anuncio del cambio que llegaba, en el examen de las obras también se introdujeron la formación académica, personificada en González Ortiz, y la especialización en ingeniería, encarnada en Calderón de la Barca. No obstante, el excelente corte de piedra y el perfecto trazado de los arcos reedificados por Arnáiz que pueden verse todavía hoy en este puente confirman un dominio de los métodos tradicionales de cantería, dotados de autonomía (el mismo cantero afirmó en otro lugar que esta actividad no precisaba de examen de maestría y que el único aval era la propia experiencia), y capaces de ofrecer «solidez, firmeza, arte, estabilidad y hermosura», tal como valoró el cántabro su intervención en esta obra.

Y así, en la construcción de puentes de finales del siglo XVIII se produce un perfeccionamiento y una revitalización de la cantería como método constructivo que aún pretende ser autónomo y no subordinado a la arquitectura ilustrada o a la ingeniería.

Notas

1. Juan Muller, *Tratado de Fortificación ó Arte de construir los Edificios Militares y Civiles*, traducción del inglés y adiciones de Miguel Sánchez Taramas. Barcelona, 1769.
2. *Architectura Hydraulica en las fabricas de puentes. Methodo de Proyectarlos y Repararlos. Instruccion a los Maestros de quanto conviene saber para executar esta calidade de obras. Commenzó este Libro el Pe. Pontones Año de 1759 y le concluyó el Año de 1768.*
3. Antoine Picon: «Solidité et construction, quelques aspects de la pensée constructive des Lumières», *L'idée constructive en architecture*. Actes du colloque tenu à Grenoble du 28 au 30 novembre 1984. Xavier Malverti, ed. París, 1987, pp. 73-106.
4. Este puente tuvo una gran importancia no sólo en el sistema de comunicaciones viarias de la zona, dada su proximidad a la ciudad de León, sino que también formaba parte de un camino general que unía Castilla con León, Asturias y Galicia. Su origen se encuentra sin duda vinculado a la constitución y fortificación de la villa y a la consolidación de la ruta jacobea en la segunda mitad del siglo XII. El primer testimonio cierto sobre su existencia data de fines del siglo XV.
5. Sobre este puente vid. José Antonio Fernández Ordonez y otros: *Catálogo de puentes anteriores a 1936. León,* Madrid, 1988, pp. 186-193. Ciertas obras en el puente fueron realizadas en 1554-1559, vid. José A. Martín Fuertes y César Alvarez Alvarez: *Archivo histórico municipal de León. Catálogo de los documentos,* León, 1982, pp. 261, 271 y 274. Parece que el puente se rehizo hacia 1571 y se reparó primero en 1573 y después en 1590 por Hernando de Cueto, vid. Miguel Angel Aramburu-Zabala: «Las Obras Públicas en la Corona de Castilla entre 1575 y 1650: Los puentes». Tesis Doctoral. U.A.M., 1989, p. 769. Otras reparaciones tuvieron lugar en 1658-1663, vid. César Alvarez Alvarez y José A. Martín Fuertes: *Archivo histórico municipal de León. Inventario general,* León, 1986, p. 181.

6. Varios cientos de folios relativos a estas obras se encuentran en el legajo 3.886, de la Sección de Protocolos del Archivo Histórico Provincial de Valladolid.
7. Reales Ordenes de 23 de octubre de 1777, 11 de octubre de 1779, 30 de agosto de 1789, 20 de diciembre de 1798 y 7 de agosto de 1800 sobre la obligación de someter el proyecto a la aprobación de la Academia de San Fernando.
8. María del Carmen González Echegaray, Miguel Angel Aramburu-Zabala, Begoña Alonso Ruiz y Julio J. Polo Sánchez: *Artistas cántabros de la Edad Moderna. Su aportación al arte hispánico (Diccionario biográfico-artístico)*, Santander, 1991, pp. 116-117.

Adaptación prensa-nave en una almazara del siglo XV

José Ignacio Rojas Sola
Mª Soledad Salafranca Sánchez-Neyra
Miguel Angel Sebastián Pérez

El presente trabajo trata de mostrar algunos aspectos interesantes en la laboriosa fase de la construcción de la nave que alberga a la morfología más común y eficientemente utilizada: *La Prensa de Viga y Quintal*, con el fin de que la adaptación a la misma fuera la más idónea. Dicha prensa presenta unas dimensiones que limitan la longitud de la nave, y su funcionamiento la altura de la misma. Además existen una serie de condicionamientos, en cuanto al proceso de producción, que ya sea por el acarreo de las materias primas o por el montaje de la prensa, marcan de una forma muy estrecha la construcción de la nave.

Antecedentes

Sin duda dentro del entorno cultural de la antigua y actual Andalucía, se ha ido desarrollando con gran arraigo, marcada también por la idoneidad del clima y la mentalidad mediterránea, la cultura del aceite de oliva. Hay que recordar que España es hoy por hoy la primera productora de aceite de oliva y que la aportación de Andalucía a dicha producción es sin ningún género de dudas sobresaliente.

La presente comunicación es un trabajo multidisciplinar, realizado sobre una prensa de este tipo encontrada en perfecto estado de conservación, que al mismo tiempo estudia los códigos de diseño y su optimización, cálculos productivos y prestaciones de la máquina.[1]

Parece lógico comenzar este apartado comentando brevemente el proceso de fabricación del aceite de oliva utilizado en aquel tiempo. En principio, tras la *recolección* del fruto allá por Diciembre y su posterior transporte a la *almazara* (fábrica de aceite), se procedía a su *atrojado*, es decir, depositar las aceitunas en el patio de la misma, formando de esta manera los trojes (montones de aceituna apilados).

Tras esta fase propiamente dicha de acopio de material, se procedía a su *molienda*, para obtener una pasta que era depositada en unos discos filtrantes, normalmente de esparto, llamados *capachos* y que apilados unos encima de otros formaban el *cargo*. Sobre este cargo se producía la presión por cualquiera de las morfologías de prensas, en particular, por la Prensa de Viga y Quintal, para seguidamente terminar con la separación del alpechín (residuo no aprovechable y contaminante) y del aceite en los pozuelos de decantación, y su posterior almacenado.

Antes de proceder a describir los condicionantes y códigos de diseño de la prensa y de la nave para comprender la adaptación entre ambas, se muestra a continuación, a una perspectiva axonométrica de la prensa que aclare exactamente sus formas para posibilitar la comprensión de su funcionamiento (figura 1).

Descripción del funcionamiento de la prensa

Se podría describir el funcionamiento de la prensa como sigue:

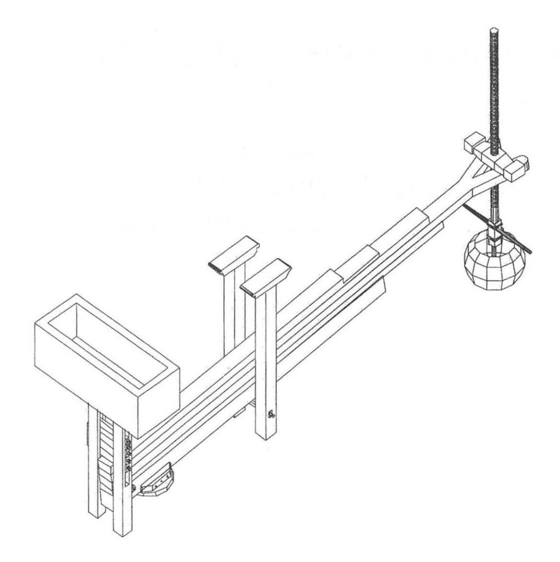


Figura 1
Perspectiva axonométrica de la Prensa de Viga y Quintal

Se parte del reposo, es decir, la viga descansando sobre la lavija y el pilón apoyado en el suelo (figura 2).

Para poder levantar la viga y trabajar con seguridad se necesitaba levantar la viga por la cabeza, es decir, por la parte de las vírgenes, y de esta forma hacer descender la horquilla donde está la rosca del husillo. Para ello se giraba a derechas pues la rosca estaba a derechas. Una vez que la cabeza estaba levantada se colocaban uno o dos *calzos* (*trabones*) a modo de seguridad. En esta situación la viga sigue apoyada en la lavija y en los trabones, siguiendo el pilón en el suelo (figura 3). Hasta este momento y después de todas estas operaciones, el pilón seguía en el suelo, pues no se producía el aprieto.

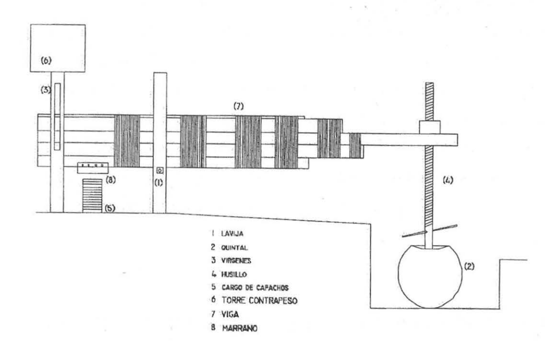


Figura 2
Prensa de Viga y Quintal en reposo

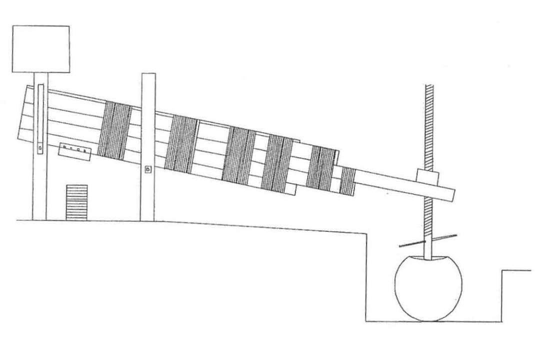


Figura 3
Prensa de viga y quintal apoyada en los calzos y en el pilón

Ya está formado el cargo de capachos. Se comienza el aprieto. Se gira a derechas para levantar la cabeza y poder quitar los trabones. La viga sigue apoyada en la lavija y en el pilón. Si se gira despacio a izquierdas, se conseguirá que la cabeza descienda hasta el cargo. Se continúa girando a izquierdas, para levantar la horquilla y poder quitar la lavija. Justo en ese momento hay dos puntos de apoyo: cargo y pilón. En esa situación se colocan una serie de trabones en la parte superior de las vírgenes, de forma, que girando en el mismo sentido la prensa queda fija y si se continúa de la misma forma, llega un momento en que el pilón sube por el husillo, solidario con él, quedando colgado del husillo.

En esa situación, sólo hay ya un punto de apoyo que es el cargo de capachos, y es ahí cuando sobre dicho punto actúan los pesos de la viga y el peso del pilón, hasta que pasadas unas horas, la altura del cargo disminuye y consiguientemente descienden la prensa y el pilón hasta tocar de nuevo al suelo.

Para el segundo aprieto, lo primero es quitar los trabones de la ranura, subir la horquilla girando en sentido contrario, para colocar la *lavija* en las guiaderas, y de esta forma volver a girar el husillo en el otro sentido para levantar la cabeza y poder operar como al principio, y ahora es cuando tiene lugar el desmenuzamiento de la pasta con las manos y la adición del agua de caldeo. Después de este segundo

aprieto, ya no había más, y se procedía como al principio.

Requerimientos del entorno constructivo de la prensa

Antes de comenzar con las consideraciones propias del prensado, hemos de hacer un alto en el camino, para describir una aspecto importantísimo que marcó la evolución de los sistemas de molturación a lo largo de tiempo.

El hecho diferencial lo marcó la evolución de distintas morfologías de molinos, por conseguir una *mayor superficie de molturación*, que evitara un menor esfuerzo (normalmente motor a sangre) y que realizara la operación en un menor tiempo, consiguiendo de esta forma que se molturara una mayor cantidad de fruto, y que éste perdiera la menor cantidad de características organolépticas al estar menor tiempo atrojado (expuesto a la intemperie). Así por ejemplo se pasó de morfologías como el Trapetum Romano o la Mola Olearia (figura 4), a los molinos rompedores como los de piedras troncocónicas, más conocidos como *rulos* (figura 5).

En lo referente al prensado propiamente dicho, y como se ha podido apreciar el funcionamiento de la prensa objeto de estudio, es el de una palanca de segundo género, pues la resistencia a vencer (*cargo de capachos*), está entre el punto de apoyo y el punto de aplicación de la fuerza.

En ese movimiento de balancín, juega un papel fundamental la *lavija*. Pues bien, en cualquiera de las posiciones límite de la prensa la cota máxima desde

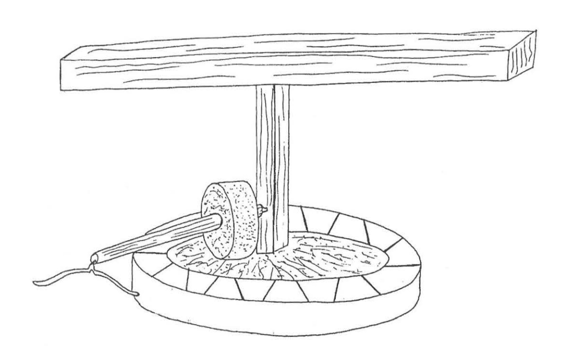


Figura 4
Molino de fricción: Mola Olearia

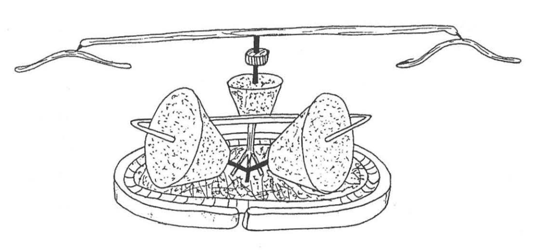


Figura 5
Molino rompedor de piedras troncocónicas

el suelo (cota cero), era considerable, alrededor de 9 m, presentando de esta forma la primera restricción en altura de la nave.

Por otro parte, debía de existir un contrapeso para evitar que en una de la posiciones límite (cuando el cargo estaba comenzando a ser presionado), y debido a la gran resultante de la viga, era posible que cediera y no actuara presonando, por lo que se pensó en colocar una gran torre contrapeso que evitara dicho movimiento. En concreto, dicha torre de contrapeso estaba formada por grandes rocas con una masa total de 10 toneladas. Esto da una idea de la gran resultante originada por el movimiento de la viga en su operación de aprieto sobre el cargo de capahos.

De otro lado, para construir la prensa con unas dimensiones de 11m de longitud y 1,50 m de altura, y puesto que el acceso a la nave se realizaba a través de una única puerta, tanto para las personas como para las animales que transportaban el fruto hasta el patio de trojes, es por que en todas la naves existía una *Puerta del Diablo*, que permitiera la entrada de la viga a la nave y poder construir la prensa en su totalidad.

La evolución en la construcción de las prensas, ha venido marcada con el objetivo de alcanzar una mayor presión sobre los capachos (discos filtrantes que contenían la pasta triturada), y de esta forma, obtener mayor cantidad de aceite. Es por ello que toda la tipología de prensas ha ido encaminada hacia la consecución de un mayor peso sobre el cargo de capachos. Así en la prensa de viga y quintal, existían dos pesos que actuaban: el peso de la viga (aproximadamente 3,5 toneladas) y el peso del quintal con otras 3 toneladas (roca basáltica). La modificación con la prensa de viga y husillo (tipología anterior a la de viga y quintal), fué precisamente que el quintal estaba fijo al suelo en ésta (actuando sólo el peso de la viga) y en aquella era móvil.

Otra consideración constructiva fué la necesidad de evitar cualquier tipo de *excentricidad*, para conseguir que toda la carga estuviera centrada y actuara sobre el cargo. Por ello, la disposición del quintal era la de su perfecto alineamiento con la viga y además tenía forma esférica para conseguir un *autocentrado* persiguiendo también dicho fin de alineación.

La distribución en planta refleja la solución final adoptada en la adaptación prensa-nave (figura 6).

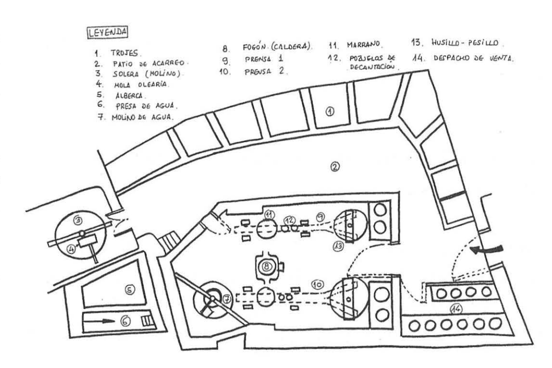


Figura 6
Planta de la almazara y distribución de elementos

Conclusiones

Esta comunicación pretende mostrar la restricciones constructivas que existían en las antiguas almazaras desde el siglo XV hasta principios del siglo XX, y destacar asimismo la íntima ligazón entre la arqueología industrial y las costumbres que durante siglos han regido la vida industrial en los pueblos de la antigua

Andalucía, pues si bien se podían haber realizado razonamientos en orden a mejorar aspectos constructivos de las almazaras y optimizar su relación y funcionamiento con la prensa propiamente dicha, el hecho fué diferente y todas mantuvieron a lo largo de los tiempos la misma disposición.

Notas

1. Tesis Doctoral. «Estudio Histórico-Tecnológico de Prensas para la Fabricación de aceite de oliva. Aplicación en la reconstrucción gráfica de una prensa de viga y quintal.» Rojas Sola, José Ignacio. E.T.S.I.I. de la Universidad Nacional de Educación a Distancia. España. Madrid, 1995.

Ver también:

La Olivicultura Antigua. Arrambarri, Andrés. Editorial Agrícola Española. ISBN 84-85441-17-6 España, Madrid, 1992.

Elaboración del aceite de olivas. Pequeño, Diego. Imprenta de la Sociedad Tipográfica. España, Madrid, 1879.

La influencia de la construcción por muros en el proyecto arquitectónico a través de su evolución histórica

Antonio Rolando Ayuso

A lo largo de una serie de hitos o referencias de la Historia de la Arquitectura,y con especial énfasis en el período posterior al Siglo XVIII, se boceta una visión metodológica de la evolución en materiales y métodos constructivos para explicar la conexión entre Construcción y Proyecto de Arquitectura y, de alguna manera, el posible sentido de esta influencia.

La observación del cambio en el aspecto de los edificios, que podríamos llamar constructivamente expresivos, muestra la evolución en materiales y procesos. La investigación documental y bibliográfica a través de planos y fotografías originales o de intervenciones posteriores sobre edificios, se hace imprescindible en los casos en que la relación entre lo construido y lo percibido no resulta de una simple lectura de su expresión arquitectónica o en los casos en que la realidad constructiva es un transfondo oculto.

La muestra, repasada a través de un cierto proceso evolutivo, se centra en el muro como sistema doble de estructura y cerramiento, con una serie de funciones a veces sintetizadas y otras especializadas en sus componentes y materiales, condicionando claramente el proceso constructivo.

Materiales, componentes, elementos y sistemas, por un lado, y proceso de fabricación, transporte y colocación, por otro, son variables que intervienen en la evolución; evolución que, por exigencias económicas o a veces de la moda, involucran el proceso constructivo de la mano de nuevos materiales con matices de carácter cíclico o de revisión histórica, con más o menos racionalidad constructiva.

Los movimientos estéticos, con origen en ciertos casos en otras manifestaciones artísticas, han supuesto a veces la ruptura con cierta evolución lentamente sostenida de tradiciones artesanales o gremiales dentro de la construcción y han supuesto un cambio de sentido en la influencia, es decir del Proyecto Arquitectónico sobre la Construcción, adelantando incluso a veces por necesidad expresiva el aspecto de materiales y sistemas que aparecerían en décadas posteriores.

Los avances de las técnicas de análisis de estructuras han venido propiciando con motivo de los nuevos materiales una revisión histórica con nuevas formas que, con una racionalidad estructural, solo muestran algún referente iconográfico ligado a la tradición. Ahistoricismo que va a suponer un punto de gran importancia en la evolución hacia corrientes de carácter más global, racional e internacional.

Hitos históricos

8000 a.de c. Hombre del neolítico. Ladrillo moldeado a mano de arcilla secado al sol del antiguo Jericó.

Ladrillos hechos a mano encontrados en excavaciones arqueológicas en el lugar del antiguo Jericó que datan de unos 8000 años a.de c. Estos ladrillos, seca-

dos al sol y reforzados con materiales como la paja y el estiércol, continuaron en su uso hasta que unos 3000 años a.de c. aparecieron los ladrillos hechos en molde y cocidos en horno. Estas piezas muestran en su parte superior huellas de pulgar como rudimentario y precoz método de aumentar la resistencia a lo largo de las juntas horizontales.

118 d.de c.128 d.de c.Arquitecto desconocido de la época de Adriano. Cúpula y óculo del Panteón de Roma.

El edificio fue levantado como caldario de las termas de Agripa en tiempo de Augusto (año 25 a.de c.) y destruido por sucesivos incendios. Su forma, con óculo, deriva de la construcción de las cúpulas arcaicas en voladizo sin clave. La cúpula en planta tiene igual medida en diámetro que en altura (43,43m.) (figura 1).

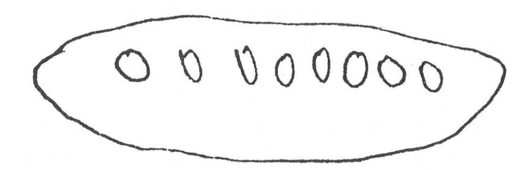


Figura 1

Interiormente es hemisférica y arranca al nivel de la cornisa de coronación del piso. La estructura básica resistente de la cúpula, y que se manifiesta interiormente por los casetones, es una retícula espacial de machones meridianos y un conjunto de anillos horizontales paralelos que han de resolverse como dinteles. Esta estructura se sitúa en la hoja interior y en la zona de compresióntracción. Sobre esta hoja interior se trasdosa una capa de hormigón que rectifica, por su peso, la línea de presiones compensando las tracciones sobre los anillos, y rellena los casetones estabilizándola. Del paralelo 40º al 20º se manifiesta al exterior en forma escalonada de ancho creciente.

El tramo superior o casquete por encima de los casetones, es macizo y totalmente realizado de hormigón. Es la zona de bicompresión. El óculo tiene un diámetro de unos 8m. Los espesores de la cúpula de óculo a estribo son de 0,70m, 1,20m y 4m. El muro de apoyo se soluciona por ahuecado, utilizando un sistema de arcos y contrafuertes (figura 2).

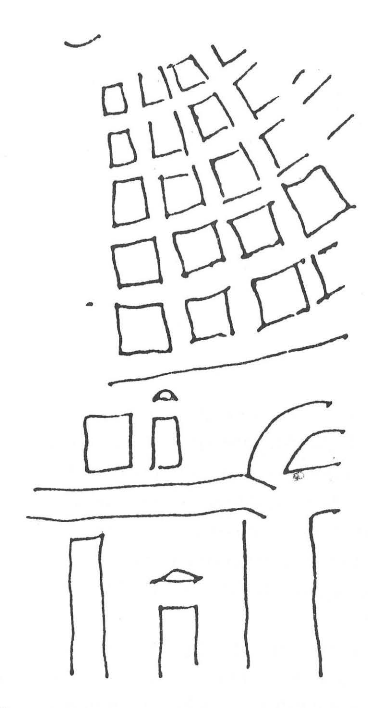


Figura 2

1421-1434. Brunelleschi. Cúpula de Santa Mª dei Fiore, Florencia.

Cúpula de diámetro parecido a la del Panteón (41,5m), de planta octogonal, sección realzada, doble pared, con contrafuertes interiores. Al tener perfil muy peraltado, tiene poco empuje. Al exterior se resaltan los aristones de piedra, herencia del gótico, aunque es la única referencia. Al existir ya los muros del tambor por coherencia vuelve a las soluciones formales de los romanos de planteamiento espacial.

La solución estática viene ya condicionada. La labor de Brunelleschi es la realización más que la elección de una forma.

La cúpula es de perfil apuntado, «a medida de quinto agudo en los ángulos» como consta en el proyecto; es decir quese perfila en las intersecciones y

tienen que emplearse a pie de obra ocho cimbras de madera de casi 40m. de longitud por cada arista. Sobre ellos se construyen los ocho aristones o cerchas de piedra en arco de círculo que aparecen al exterior. A partir de estas aristas se trazó la cúpula. Los veinticuatro contrafuertes intermedios según líneas de máxima pendiente, tienen perfil elíptico.

Brunelleschi da una solución nueva para evitar las cimbras en el grueso de la cúpula, haciendo que ésta fuera autoportante en todas las fases de su realización, introduciendo el aparejo mural en «espinapez» integrando racionalidad constructiva y estructural.Es precisamente en la unión entre el ladrillo vertical de la espina y el horizontal del resto de la fábrica donde deja de cumplirse locamente la traba, produciendo una continuidad de junta vertical y una línea de debilitamiento que ha provocado fisuras (figura 3).

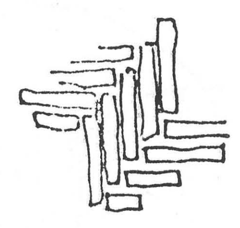


Figura 3

1756. Soufflot. Pórtico de Santa Genoveva en París.

En el pórtico de lo que ahora es el Panteón propone un sistema de sillería armada, combinando un arco realizado en piedra, una viga de celosía de hierro forjado y un dintel adovelado cuyos pilares son colgados de la viga.

Los dinteles se tienen que construir por medio de dovelas, ya que la calidad de las piedras no permitía construirlos monolíticos con grandes luces entre apoyos, como hacían los antiguos griegos con el mármol en sus arquitrabes. El invento es el dintel o platabanda de dovela armada que forma un aparejo que se comporta como una bóveda plana recomponiendo una gran piedra por piezas o dovelas que se tallan en cuñas y que se sostienen por su corte y por medio de armaduras de hierro ocultas.

La pregunta era: ¿El edificio debe mostrar la solidez de su construcción (monolitismo) o la ciencia constructiva de su construcción (despiece adintelado)? La respuesta es parcial y de compromiso: «El armado oculto dota del monolítico a una apariencia de complejidad tecnológica».

El objetivo principal era el utilizar siempre el hierro a tracción. La ferralla se considera como un elemento de seguridad o de salvaguarda. Se trata de conseguir monolitismo, solidez, sin demasiado peso; de conseguir continuidad en la estructura atándola con las armaduras (figura 4).

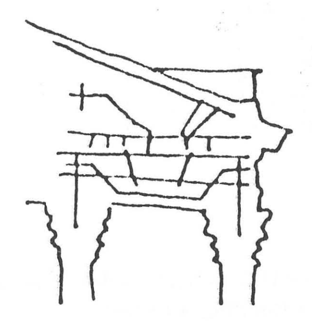


Figura 4

1863. Viollet-le-Duc. *Entretiens sur L'Architecture.*

Es el maestro de una escuela de racionalismo constructivo que se prolonga hasta prácticamente nuestros días, propiciando lo que supuso el movimiento de la arquitectura moderna a través del Modernismo. Propuso una revisión del movimiento neogótico asociándolo al racionalismo estructural, con un uso apropiado de los materiales, antiguos y nuevos, y una atención a las necesidades funcionales. De sus *Entretiens* destacó algunas referencias:

- Muro del Tempo de Vesta, a orillas del Tíber. Presenta un ejemplo de arquitectura romana con muro de doble hoja sin cámara. Hoja exterior de mármol, hoja interior de piedra caliza de Travertino revestida. Pieza entre hojas unidas por grapas de acero.
- Muro de sótano en edificación adosada a terraplén. Hace referencia a un primitivo muro doble con cámara, realizado con el mismo motivo que se construyen ahora, para controlar el paso de agua a través del cerramiento (figura 5).

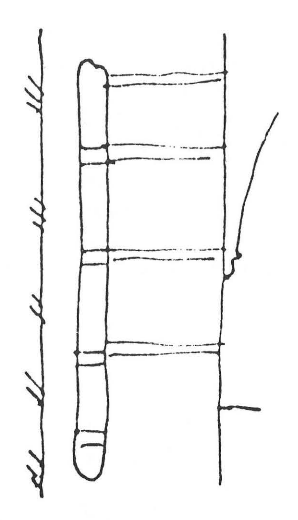


Figura 5

planteamiento dinámico de las fábricas de ladrillo y piedra.

Durante el Siglo XIX, y todavía ahora, el proyecto de la obra de fábrica se basaba en dos reglas simples: Limitar la tensión máxima a compresión a una fracción de la de agotamiento, y hacer que la fuerza resultante pase en todo momento por el núcleo central.

Un ejemplo clásico de este método es el diseño del arco con la ayuda del «funicular» de las fuerzas. Se obtenía la solución bien por un método gráfico interactivo o por un método experimental como en el caso de Gaudí con ayuda de una maqueta colgando de cuerdas saquitos con pesos equivalentes a las car-

1891. Daniel H.Burnham y John W.Root. Monadnock Building, Chicago.

Burnham y Root pertenecen a la segunda generación de la escuela de Chicago (últimas 2 décadas de su existencia: 1830/1915) y proyectan originalmente este edificio con estructura metálica porticada. Recuerda una columna egipcia.

Se adoptó al final una solución de compromiso con una estructura de 16 pisos de fábrica resistente de ladrillo perimetral con machones de ladrillo reforzado con acero y vigas transversales de acero, constituyendo unos pórticos interiores, con soportes entorno a un corredor central. La unión de estas vigas al muro de fachada se hace por medio de flejes que se reciben en las juntas horizontales de la fábrica (figura 6).

1884-1926. Antonio Gaudí. La Sagrada Familia de Barcelona.

Fue seguidor de ViolletleDuc y miembro del Modernismo o Art Nouveau («Nouveau» de «Novedad» como definía Van de Velde).

Su obra entra dentro del Racionalismo estructural y, a través de una revisión histórica, y utilizando elementos iconográficos árabes y góticos, consigue un

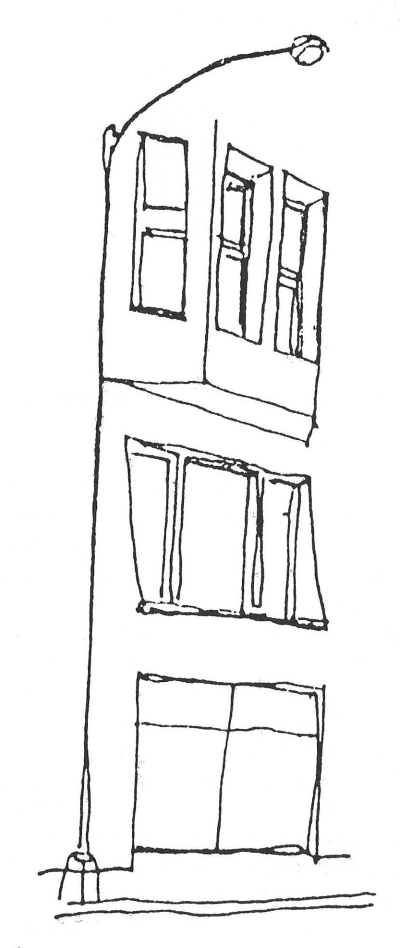


Figura 6

gas reales y dando la vuelta a la forma resultante ayudándose de la fotografía (figura 7).

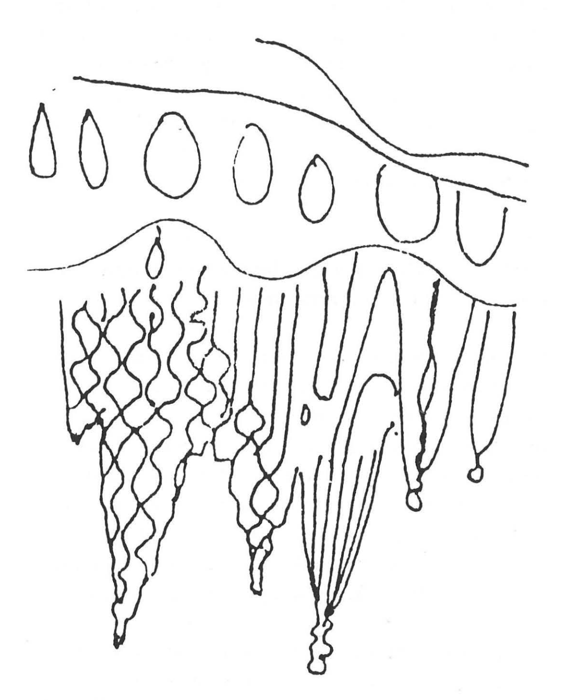




Figura 7

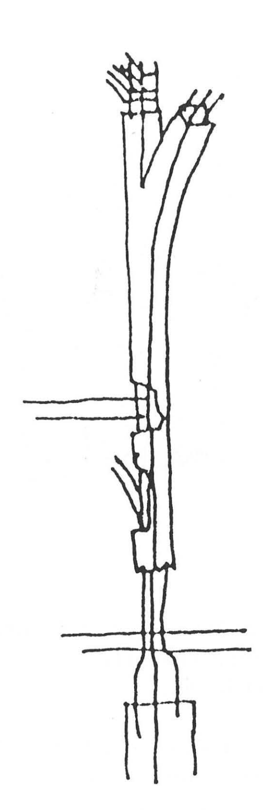


Figura 8



1894-1904. Anatole de Baudot y Paul Cottacin. SaintJean de Montmartre en París.

Baudot fue alumno de Viollet-le-Duc. Desarrolla una forma de construir neogótica o no clásica que proviene de la lógica estructural y de la forma de construir. La colaboración con Paul Cottacin, empleando su sistema patentado en 1889 de construcción reforzada con alambre de acero; usado tanto en la fábrica de ladrillo armada como en el hormigón, le permite poner práctica una arquitectura esbelta y sólida. Todo ello sin retornar al gótico; es decir, por medio de una estructura continua o integrada, tan preconizada por ViolletleDuc y los racionalistas estructurales.

En la iglesia levantan una estructura de columnas de fábrica de ladrillo armada, unidas por el armado a los arcos y techos de forjado en las bóvedas. El sistema de Cottacin fue ensombrecido por el sistema de Hennebique (figura 8).

1898-1903. Hendrik Petrus Berlage. La Bolsa de Amsterdam, Holanda.

En 1885 participa en el Concurso de la Bolsa de Amsterdam y obtiene el 4.º premio. En 1897 recibe el encargo.

Está entre los pocos arquitectos del Art Nouveau con Horta, Gaudí, Guimard, que ha llevado hasta el último extremo los principios de ViolletleDuc. Se puede hablar de un racionalismo estructural, a través de las influencias de éste, y de una herencia tradicional proveniente de Ruskin y las artes y oficios.

Berlage se inspira en esta obra en el románico y el gótico flamenco pero como partida de un análisis constructivo.

En la nave central de la Bolsa destacan los pórticos de celosía metálicos de cordones superiores a dos aguas sujetando los tragaluces y cordón inferior de medio círculo que en continuidad con los machones de ladrillos transmiten su carga a través de

mensulones, modillones o ensillados de piedra (figura 9).

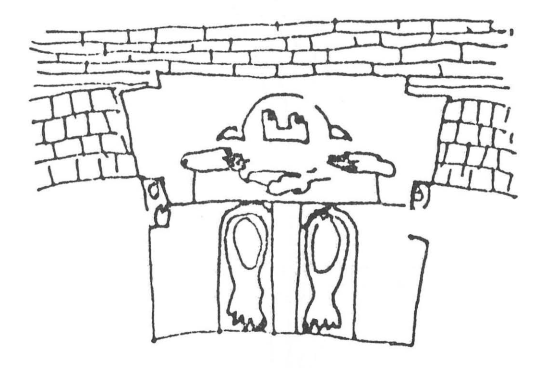


Figura 9

1908-1910. Peter Behrens y Karl Bernhard. La Nave de turbina AEF en la Huttenstrasse de Berlín.

Behrens impone su deseo a la forma industrial. El frontón de perfil de granero tradicional, rematado por un tejado facetado, se yuxtapone al elemento industrial que supone la gran fachada de muro cortina. Unos muros ataluzados con intención visual clásica, jalonan este frente (figura 10).

1911. Walter Gropius y Adolf Meyer. La fábrica de hormas para zapatos Fagus. AlfedVanderLeine, Alemania.

En la Fábrica Fagus, la intención de borrar la referencia constructiva y poner de manifiesto los valores geométricos se logra con el ladrillo prensado, de color amarillo, en contraste con el negro de la carpintería metálica.

La clave de lectura de la fábrica Fagus podría ser (no lo es) únicamente tecnológica y si se busca sus parecidos, éstos se encuentran en los productos industriales.

Como el automotor de 1913 o el automóvil Adler de 1930. Sin embargo hay más: la desmaterialización de la estructura, que producen las esquinas transparentes, hace concebir el edificio como planos horizontales independientes del cerramiento perimetral. Es más, si se contempla en ángulo la sombra proyectada de los tramos del muro de cristal sobre los machones inclinados hacia atrás con la altura, hacen fundir en negro toda una fachada aparentemente continua y acristalada. Este muro cortina está hecho con perfiles simples de carpintería negros que se funden dando una impresión de abstracción plana al acristalamiento (figura 11).

1911-1912. Hans Poelzig. Fábrica de productos químicos en Luban, Polonia.

Se trata de un proyecto de fábrica de ladrillo con dos tratamientos constructivos de base tecnológica distinta y que se manifiestan como expresión arquitectónica, casi antagónica: La fábrica de ladrillo resistente tradicional, con su traba, y la fábrica de ladrillo armada, donde ya no aparece ningún aparejo ya que se trata de un tejido cuya urdimbre es una retícula oculta de armadura en redondo de acero y cuya trama o complemento, que es su apariencia, son unas piezas cuadradas.

La primera soluciona los huecos según las bases constructivas tradicionales: los arcos de ladrillo ado-

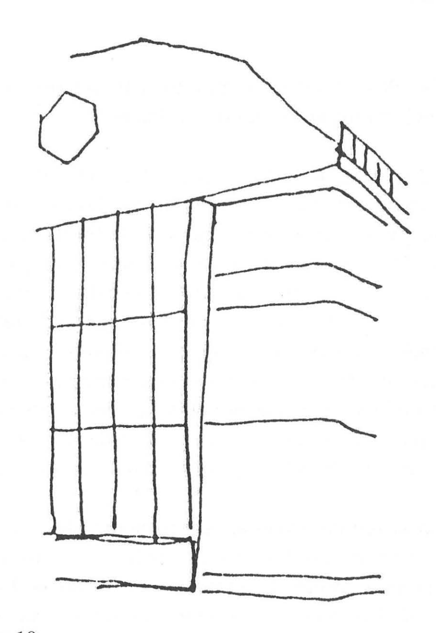


Figura 10

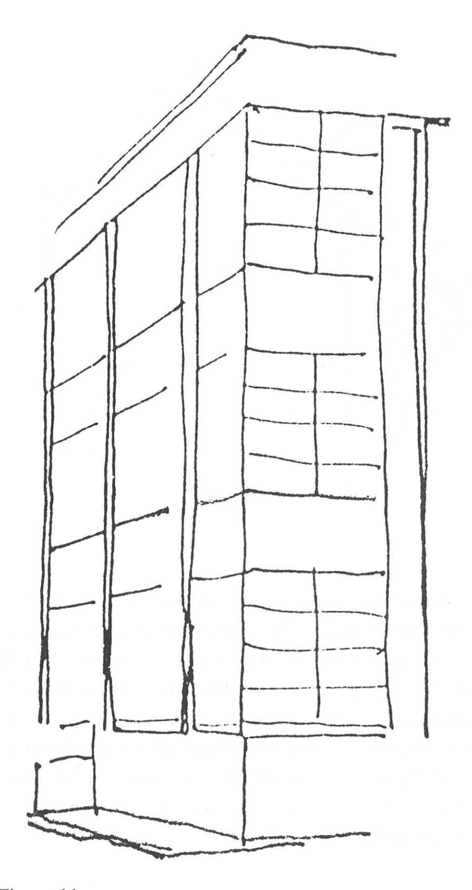


Figura 11

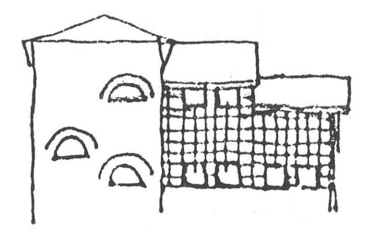


Figura 12

sionismo alemán. Conformada, fundamentalmente, por la figura de De Klerk,la componen un grupo de arquitectos como P.L.Kramer, Mstaal Kronsholler, H.T. Vijdeveld, J.M.Van der Mey.

Esta corriente era opuesta a otra tendencia renovadora, el Neoplasticismo o movimiento de Stijl que, recogiendo movimientos postcubistas,venía a suponer una adición de racionalismo e internacionalismo. Dicha corriente era dirigida por Van Doesburg y formaban parte de ella Piet Mondrian y Jacob Johannes Pieter Oud.

De Klerk fue el responsable de las viviendas «Eigen Haard» (Propio Hogar) construidas entre 1913 y 1919. Obra de cerámica como material único, desde los ladrillos de sus fábricas (varios tipos de cerámicas y aparejos) hasta las tejas clavadas de los remates. El obelisco del entrante por la Hembrugstraat es un símbolo a la comunidad con la Iglesia como referente (figura 13).

velados en varias roscas, y la segunda permite dejar huecos rectangulares entresacados de la modulación reticular que ya proporciona el mecanismo adintelado. Se trata, en este último caso, de un adelanto del Bloque textil de 1920 de Wright, en cuanto a consideración compositiva estructural de alzado.

Poelzig como Gropius o Behrens considera la estructura industrial como la menos condicionada y, por lo tanto, la más abierta al nuevo desarrollo (figura 12).

1920. Michael De Klerk. Viviendas en Oostzanstraat, Amsterdam, Holanda.

En Holanda se produce una tendencia conservadora que es la Escuela de Amsterdam, dirigida por Berlage, que supone una mezcla de tradición y de expre-

1924. Gerrit Thomas Rietveld.Casa Shröeder en Utrecht, Holanda.

Se une al movimiento Neoplasticista de Van Doesburg y Mondrian. Su idea era partir de los elementos tridimensionales y componerlos según un nuevo sentido de interrelación que produzca una «nueva plasticidad».

En la casa Shröeder se identifica una lectura separada de cada plano de muro y de suelo. Separación de cada parte de la construcción que la convierte en un abstracto o elemento no representativo, estructuralmente, transcendiendo su naturaleza como plano. Se enlaza con la idea de los constructivistas que hicieron una construcción expresada como elementos separados. La aparente separación de las partes da un sentido de abstraído equilibrio estructural (la discon-

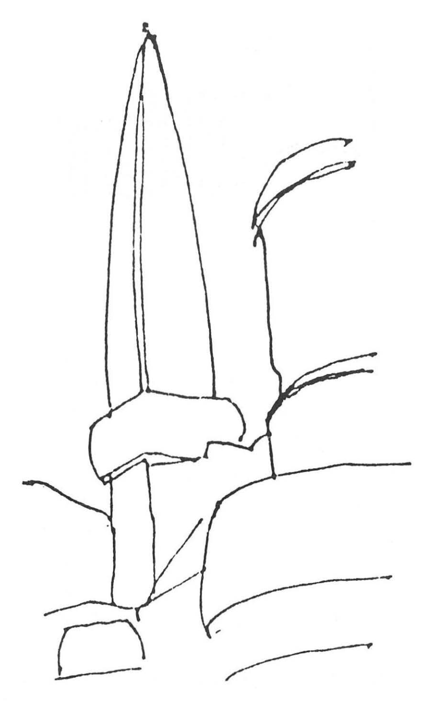


Figura 13

tinuidad manifiesta la tensión del equilibrio como algo dinámico).

La idea original de Rietveld era hacer un edificio de hormigón armado, pero limitaciones en el presupuesto le obligaron a realizar un híbrido de sistemas constructivos. Mezcla de estructura reticular porticada y estructura de muros, con materiales diversos: acero, hormigón armado, madera (de colores primarios) y fábrica de ladrillo clinker macizo revestido con enfoscado (gris).

No es un edificio de estructura reticular porticada, de viga más soporte puros, como lo sería su silla RojaAzul de 1917. Tampoco es un edificio de estructura de muros de fábrica de ladrillo, ya que en ocasiones son apoyados a través de soluciones reticulares, como lo sería su silla Berlín de 1923 (figura 14).

1924-1928. Willem Marinus Dudok. El Ayuntamiento de Hilversum.

Consigue un planteamiento ecléctico de las dos tendencias holandesas: la Escuela de Amsterdam y el

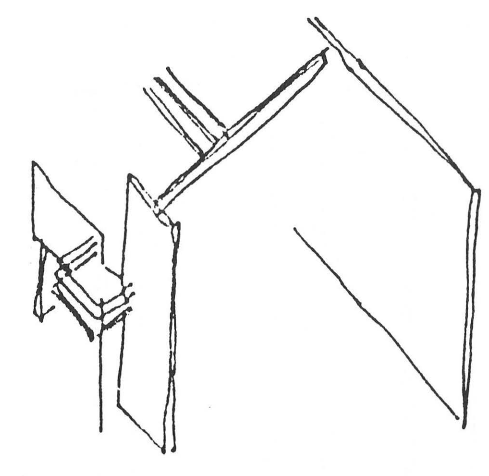


Figura 14

Neoplasticismo, dando consistencia técnica y proyección urbanística a los compromisos geométricas de los neoplásticos. El Ayuntamiento representa el símbolo de la ciudad: un conjunto que destacando su presencia se integra al paisaje urbano a través de sus formas abiertas y sus tratamientos de jardinería. Gracias a él, la herencia de Berlage y, más allá, la tradición constructiva holandesa, se integran en el movimiento moderno (figura 15).

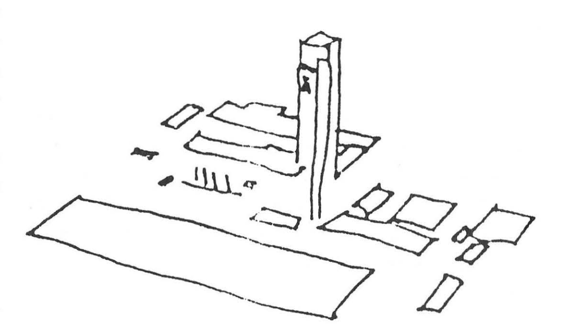


Figura 15

1928. Mies Van der Rohe. Villa Lange. Krefel, Alemania.

Esta casa fue proyectada casi a la vez que el Pabellón de Barcelona. Aunque sus materiales son modernos

(vigas de acero, losas de hormigón y ventanas de acero) se trata de un edificio con estructura de muros de fábrica. La losa nervada del suelo, que no es exactamente igual que el sistema Hennebique empleado por Le Corbusier, se apoya en vigas de acero que a su vez se apoyará en el muro. En el piso superior, y en la fachada principal, los muros son de cerramiento exclusivamente. El del plano delantero se apoya en el muro de la planta inferior, que sí es estructural, y el del plano retranqueado lo hace sobre unas vigas puentes que forman parte de un complejo sistema reticular porticado de vigas y soportes metálicos convenientemente arriostrados y que solucionan los vanos interiores. Sistema porticado que vuelve a puentearse perpendicularmente al anterior por vigas que van a apoyarse en los tramos de muros estructurales, ya referidos, del piso bajo.

Las vigas de acero de los cargaderos están ocultas sin acusar en el dintel ningún rastro de aparejo diferenciado. Las ventanas con sus reducidos marcos de perfil de acero pasan a ser planos transparentes abstractos.

El tratamiento volumétrico lo consigue con junta plana y una precisión sistemática del aparejo del ladrillo (más industrial y más abstracto en el sentido de su descontextualización del hecho constructivo artesanal) (figura 16).

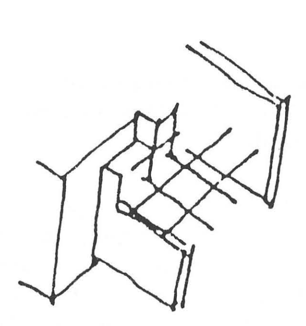


Figura 16

1930-1931. Secundino Zuazo. La Casa de las Flores en Madrid.

No perteneció al GATEPAC y podría considerársele, como dice Bohigas, como un racionalista al margen. En esta obra se han querido ver influencias de la Escuela de Amsterdam. La riqueza, la potencia, la racionalidad constructiva, podrían de alguna forma confirmar la apreciación, pero el concepto de planta desde su perspectiva urbanística (organización en amplia manzana con patio interior frente a las disposiciones estrechas y lineales de esa escuela) y el tratamiento claramente racionalista de los huecos, obligan a matizar esta afirmación. Racionalista al margen, racionalista estructural, tradición constructiva artesanal, racionalista al fin (figura17).

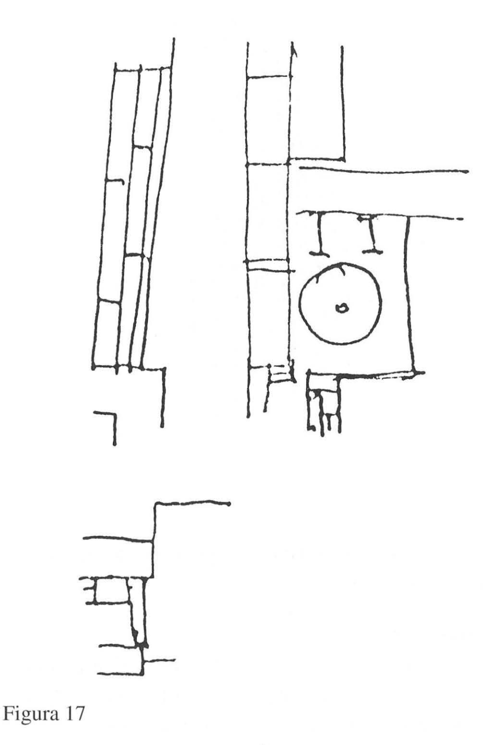


Figura 17

1936-1939. Frank Lloyd Wright. Oficinas y Fábrica Johnson / Wax. Racine, Wisconsin.

Los muros del edificio son de fábrica de ladrillo por dentro y por fuera, con la idea de una construcción monolítica, sin diferencias entre interior y exterior. Hay dos tipos de muros:

Primer tipo:

Parte baja del muro o tramo inferior por dejado de la ventana corrida. Es estructural y está constituido de forma simétrica y de exterior a interior del mismo

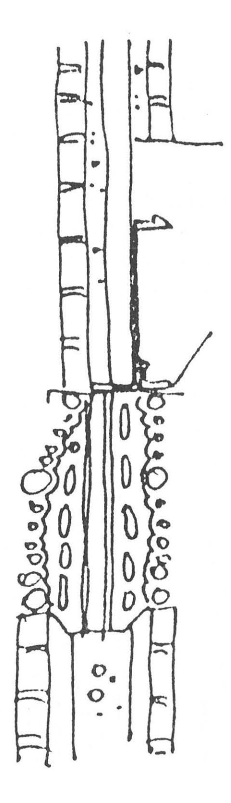


Figura 18

por: fábrica de ladrillo visto, plancha de corcho y hormigón armado.

Segundo tipo:

Parte alta o tramo por encima de la ventana corrida. No es estructural pero es autoportante o autoestable, ya que no se ata en su coronación al forjado. Está constituido, en una descripción paralela a la del tipo anterior por: fábrica de ladrillo visto, hormigón armado y plancha de corcho. En ningún caso se trata del muro de doble cámara, preconizado por el movimiento moderno como control de la penetración del agua de lluvia al interior. Al no utilizar un sistema que desvíe el problema se obliga a enfrentarse a él: fábricas que no fisuren, hormigón que no fisure; es decir, muy buenos materiales, muy buena ejecución y mucho control de obra.

La entrada de luz se concentra en ventanas y lucernarios, donde emplea tubos Pyrex redondos de varios diámetros fijados por bastidores de aluminio fundido. Las ventanas corridas tiene dos capas de tubos (exterior e interior), los lucernarios solo una. Las juntas entre tubos y bastidores son selladas a «tope» con silicona para acristalar. «Junta a tope» significa» no junta» (en los muros era «no fisura», recordar), no tolerancias, precisión, integración, menos elementos distintos especializados, más funciones realizadas por el mismo elemento, menos especialización en funcional de materiales y menos especialización laboral, abaratamiento. Esto era la línea de racionamiento de Wright que iba en contra de los postulados del movimiento moderno pero que se adelantaba a ciertos planteamientos actuales (fábricas de bloques de termoarcilla o de hormigón ligero curado en autoclave, por ejemplo) (figura 18).

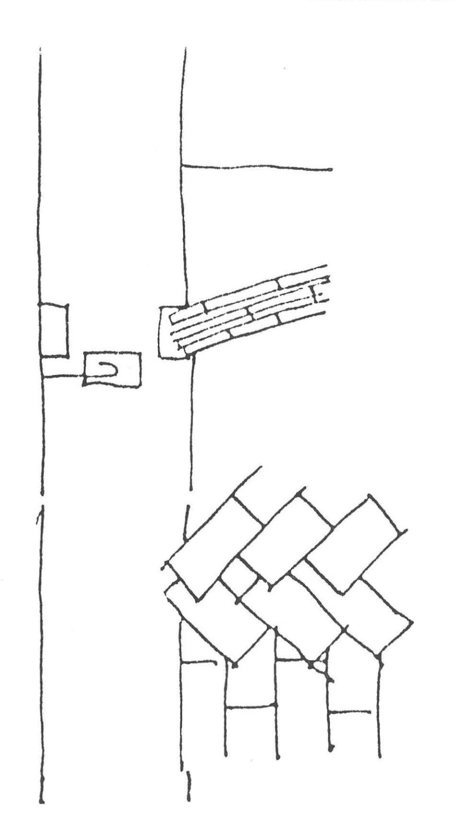
1948. Francisco Cabrero. Bloque de Viviendas Virgen del Pilar, Madrid.

Viviendas económicas en un barrio de la afueras de Madrid en dirección a Barajas. En ellas se utiliza, hábilmente, el sistema de bóvedas tabicadas puesto a punto por Luis Moya, recogiendo tradiciones mediterráneas y particularmente la obra de los Guastavinos en América (figura 19).

1984-1991. Alvaro Siza Veira y Carlos Castanheira. Viviendas «Punto y Coma», La Haya, Holanda.

Construcción de fábrica de ladrillo en fachadas a calle, chapado de piedra en chaflanes de esquinazos, estucado blanco en fachadas interiores, madera pintada en colores para las carpinterías de ventanas y puertas. La obra se trae a colación por un lado como referencia a la arquitectura holandesa en sus tendencias tanto tradicional o Escuela de Amsterdam, como renovadora o Neoplasticista.

Como referencia a los postulados constructivos del movimiento moderno, es de destacar el muro doble con cámara (esta vez al exterior), parcialmente ventilada y que hoy en día supone una alternativa «de especialización funcional del muro» coexistente y con tendencia a ser sustituida por otra «de integración multifuncional en un solo material compacto, presen-



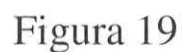


Figura 19

tado en forma de bloque de gran tamaño y de diversos materiales (figura 20).

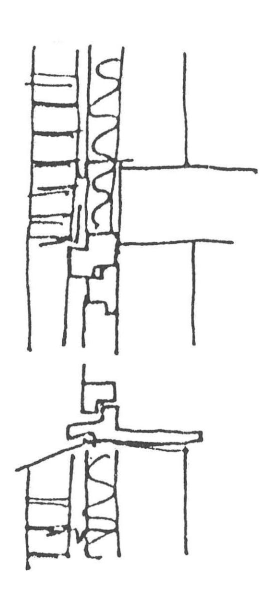


Figura 20

BIBLIOGRAFIA

Revista Arquitectura n.º 294. COAM.

Revista Arquitectos 118 n.º 90.4 Consejo Superior de Arquitectos de España.

Ignacio Paricio, A. *1. Las técnicas. La construcción de la arquitectura.* ITCC.

Petrignani, A., *Tecnología de la arquitectura.* Ed.GG.

Benévolo, L., *Historia de la arquitectura del Renacimiento.* vol.1 Ed. Taurus. Madrid 1972.

Benévolo, L., *Historia de la arquitectura Moderna.* Biblioteca arquitectura. Ed. GG.

Viollet-le-Duc., *Entretiens sur L'Architecture.* P.Mardaga.

D. Bernstein, J. P. Champetier y F. Peiffer, *Construcción. Nuevas técnicas en la obra de fábrica. El muro de dos hojas en la arquitectura de hoy.* Ed. GG.

Rolando Ayuso, A., *La Fábrica de Ladrillo Armada. Una nueva tecnología aplicada a un material tradicional.* Ed. Rueda.

Las estructuras arquitectónicas antiguas en el norte de Italia

Marcelo Salvatori

La amplitud del tema propuesto no se concilia demasiado bien con el limitado espacio de tiempo destinado a una ponencia. Por ello, empezaré advirtiéndoles de que nos vamos a fijar principalmente en las estructuras poco o nada conocidas que corresponden a las construcciones —por lo general particulares— a las que a veces se denomina «arquitectura menor». En cambio, pasaremos por alto muchos edificios públicos de gran envergadura e importancia, precisamente porque de ellos ya se han publicado abundantes noticias e imágenes, aunque no siempre hayan sido estudiados desde el punto de vista de las estructuras.

Los estudios arqueológicos más recientes han puesto de manifiesto la existencia de construcciones defensivas en la vertiente sur de los Alpes que se remontan a la Edad Media del Bronce,[1] pero cuya estructura llegó casi inalterada hasta el V-IV siglo a.C. Se trata de ciudadelas fortificadas mediante terrazas, sostenidas con muros de terraplén con zapata, situados en lo alto de cerros casi llanos. Estas construcciones, comparables por su finalidad y tipo de defensa con el *arx* del mundo latino y la acrópolis del mundo griego, se diferencian bastante, sin embargo, en los muros de contención, ya que muy raramente se emplean en ellos sillares de piedra de gran tamaño. Al parecer, la piedra se trabajó poco, pero se obtuvieron los mismos resultados interponiendo tierra entre las piedras. En dicha tierra echó sus raíces la hierba que, además de actuar como lazo de unión entre los distintos bloques, ocultó la naturaleza artificial del terraplén. Ejemplo de ello es el Doss dei Pigui,[2] en Val di Fassa (prov. de Trento), cuyo nombre, que en el dialecto local significa «escalones», «terrazas», llamó la atención de algunos estudiosos, que propusieron que se llevaran a cabo excavaciones arqueológicas, que dieron como fruto numerosas piezas que hablan de la vida de una aldea del V-IV siglo a.C.

Las viviendas aisladas del pueblo Rético, en la misma zona de las Dolomitas, se construían semienterradas, con un estrecho pasillo descendente de acceso. Se elegía preferentemente alguna pendiente morénica compuesta de grava bajo la fina capa herbosa, ya que las morenas constituían un drenaje natural. El muro de contención de la parte enterrada estaba compuesto de piedra puesta en obra en seco, pero elegida de manera que cada pieza tuviera dos caras casi planas y paralelas (figura 1). Por la parte interior, estos muros presentan un estrechamiento a la altura del suelo, que servía para apoyar el pavimento, pero sobre todo las paredes verticales, forma-

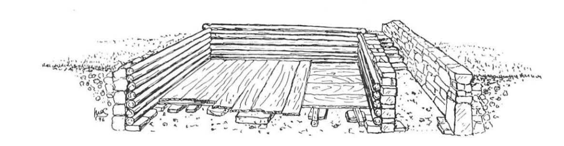


Figura 1
Reconstrucción parcial de una casa rética, según el ejemplo de una excavada en Sotopedonda, en la región del Trentino

das por troncos en bloque empotrados en los extremos, que se unían estrechamente con la piedra mediante una entrega en cruz (figura 2). Los restos de madera carbonizada procedentes de estas viviendas, descubiertos en Sottopedonda, en Trentino[3] han permitido observar el cuidado con que se aislaba el pavimento de tablas de madera de la humedad del suelo, sostenido por viguetas paralelas colocadas a una distancia de unos 70 cm, sostenidas a su vez en la zona central mediante una jácena. Tanto las viguetas como la jácena se apoyaban en algunas piedras planas aisladas convenientemente dispuestas. Las viguetas iban empotradas en los muros de mampostería, introduciendo los extremos de las mismas en unos orificios abiertos a la altura del estrechamiento de la estructura perimetral.

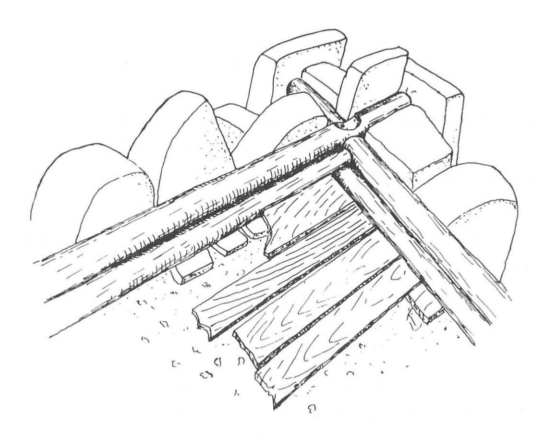


Figura 2
Reconstrucción gráfica de la entrega de la estructura de madera con la de piedra, en una esquina de una casa rética, en Sottopedonda, en la región del Trentino

No poseemos los elementos necesarios para determinar cómo era la cubierta, pero, como no se han encontrado fragmentos de tejas de cerámica ni placas de pizarra, resulta fácil intuir que la cubierta estaba formada por tablas de madera, casi seguramente de lárice, porque ésta es la especie de árbol maderero de la zona cuya madera dura más tiempo, aunque esté sometida a fuertes cambios de clima seco y lluvioso. Además, si se quiere dar crédito a las leyendas de los Alpes Dolomitas, recogidas y publicadas por Wolff,[4] tenemos que reconocer que la población rética local, además de construir casas semienterradas, tal y como se desprende de los estudios arqueológicos, cubría sus casas con una capa de tierra herbosa, hasta el punto de convertirlas en escondites seguros e invisibles frente a posibles invasiones extranjeras. En las leyendas se alude explícitamente a estas viviendas subterráneas ocultas, así como al hecho de que, durante las guerras, la población que tenía esta costumbre llevaba como insignia una marmota, símbolo de su forma de construir viviendas subterráneas. Naturalmente, resulta plausible que, entre la trama de vigas de madera que soportaba el techo y la capa herbosa, se interpusieran dos o tres capas de manojo de cañas palustres, que impedían que el agua de la lluvia entrase en la vivienda. De esta forma se construía la cubierta, hasta hace unas décadas, en las *casoni* de la llanura véneta, al pie de las montañas. Hay varios topónimos en Trentino que recuerdan los aguazales y cañizales —hoy en día desaparecidos—, así como sigue habiendo todavía muchos sargatillos (salix elaeagnus), que pueden haber proporcionado las ataduras para esta estructura de cubierta. Una vivienda de este tipo podía constituir un refugio con una temperatura casi constante en cualquier estación del año, que no corría grave peligro de incendio, gracias a la facilidad con que podía impedirse la expansión del fuego, desde el comienzo, sofocándolo cerrando la entrada.

En las tres últimas décadas se han encontrado en Trentino restos de viviendas de la época romana, sobre todo en los alrededores de Cavalese (1.000 m s.n.m.), pero también en el fondo del valle, a lo largo de la antigua calzada que seguía el curso del río Adigio, prosiguiendo hasta el Valle Pustería, en San Cándido (Innchen), en las fuentes del Drava. En esa época las viviendas, incluso en las montañas, situadas a nivel del terreno, podían medirse perfectamente en pies romanos, al menos las principales habitaciones, orientadas al sur. La anchura de las paredes casi siempre es de un pie y medio, osea un *sesquipes*, pero a veces es de dos pies. El material de construcción es la piedra local, a menudo en gruesos fragmentos informes, en lugar de tener dos caras paralelas, como ocurría en la época anterior, pero el muro se construía con mortero de cal, arena y menudos fragmentos de piedra o guijarros, de forma parecida a la costumbre del resto de Italia en la Edad Antigua Tardía. El resultado eran unos muros de tipo *opus incertum*, pero construidos sin lugar a dudas en la Epoca Imperial y no en la Republicana. Sin embargo,

los extremos y las esquinas de los muros se levantan con bloques de piedra de cantería, trabajados cuidadosamente con escoplo.

En las casas de montaña, los bloques de madera contribuían sin duda a cerrar los espacios en alzado. Sin embargo, no estamos de acuerdo con la hipótesis de Cavada,[5] que se ha encargado de la reconstrucción gráfica que presentamos (figura 3) de la cubierta, constituida por tejas de barro cocido, tanto porque no alude al hallazgo de dichas piezas durante las excavaciones como porque, en esos lugares, la arcilla es difícil de encontrar, hasta el punto de que incluso las vajillas de barro cocido fueron importadas en su mayoría de la llanura. La única solución posible en lo referente a la cubierta parece ser la de las tablillas de lárice (denominadas *scandulae* en latín).

En la Llanura del Po, tanto en la Prehistoria como en la época romana, las estructuras de las viviendas debían ser bastante distintas. Del primer período, a parte del hallazgo de palafitas, no sabemos de otros hallazgos arqueológicos que nos iluminen acerca de la consistencia de los edificios destinados a vivienda, señal de que éstos estaban construidos en su totalidad con materiales perecederos: ramas y barro o, como mucho, adobes cocidos al sol y madera de plantas dicotiledóneas, entre las cuales, la única que presentaba una buena duración era el roble común (*quercus robur*). Sin embargo, conocemos algunos restos de construcciones monumentales: en Lova, en la provincia de Venecia, un recinto sagrado del siglo III a.C., excavado sólo en parte, formado por un pórtico de 30 × 60 m aproximadamente, con un altar para sacrificios en el interior del patio. Los cimientos son de fragmentos de traquita procedentes de las montañas llamadas Colli Euganei, que se hallan a unos treinta kilómetros de distancia de ese lugar en línea recta. El transporte de dicho material desde esa distancia se explica por la escasísima atracción de la humedad que ejerce el mismo. En cambio, las estructuras de la superficie están construidas con ladrillos poco cocidos, de la forma que Vitruvio[6] llama *lydium*, pero de mitad de tamaño respecto al indicado por dicho tratadista romano, es decir, 1 *palmus* × 1 *dodrans* × 1 *pes*, que, no obstante, corresponden a la unidad de medida alejandrina o helénica de 1 *pes* = 30,7 cm, no a la romana. También hay que tener en cuenta que la altura de 1 *palmus* siempre es escasa, porque evidentemente se tenía en cuenta antes el grosor del lecho del mortero: cuatro hileras de ladrillos, incluido el lecho del mortero, debían corresponder exactamente a la altura de 1 *pes*. Este principio también es común en toda la Llanura del Po en la época romana y en la Edad Media, pero teniendo en cuenta la variación de la unidad de medida con arreglo a los tiempos y a los lugares.

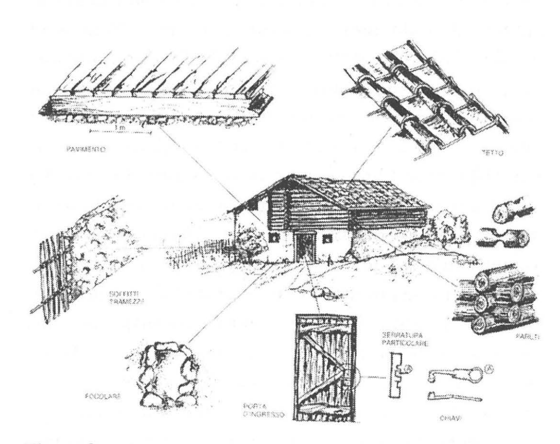


Figura 3
Reconstrucción gráfica de una casa de la época romana en la región del Trentino, con detalles (de Cavada, cit.). No estamos de acuerdo con la hipótesis del autor en lo relativo a la cubierta de barro cocido

En la ciudad etrusca de Misa —que existió entre el VI y el IV siglo a.C.— cerca de la actual alcaldía de Marzabotto, en los Apeninos boloñeses, existía una preocupación análoga a la que se observa en el pórtico sagrado de Lova, evitar la subida de la humedad del subsuelo, pero en la ciudad etrusca se emplearon grandes guijarros de río en seco para crear un basamento de unos 50 ó 60 cm sobre el que se levantaban los muros, sin duda construidos con material perecedero, ya que sobre el basamento de guijarros, que termina de forma bastante regular, no se ha encontrado nada.

Volviendo a la llanura véneta, nos parecen dignos de mencionar dos tramos de un friso de orden dórico existentes en Sandón (figura 4), siempre en la provincia de Venecia. Dichos frisos fueron esculpidos en grandes bloques de traquita, un material duro y granuloso, difícil de trabajar en bajorrelieve figurativo. No sabemos de ningún otro friso esculpido en el mismo material, ya que todos los fragmentos de frisos dóricos que pueden verse en Aquileia fueron esculpidos en piedra caliza. Es casi seguro que los de Sandón, por razones de estilo y por temas históricos,

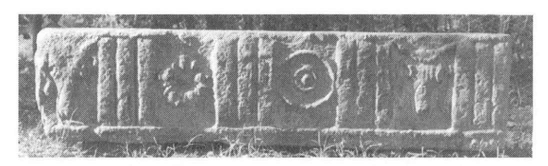


Figura 4
Sandón (prov. de Venecia). Elemento del friso dórico de traquita en la Finca Salvatori, principios del siglo III a.C.

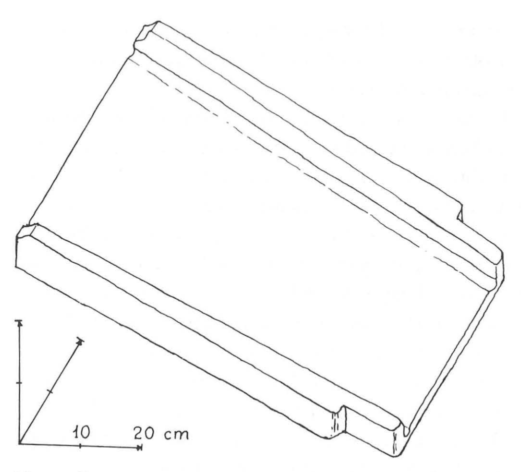


Figura 5
Campagna Lupia (prov. de Venecia). Gráfico de teja plana romana del siglo I d.C., hallada rota pero completa en la finca de Ugo Marchiori

deben remontarse a principios del siglo III a.C., es decir, a la Edad Paleovéneta, en el antiguo territorio de Padua. En ellos, el conjunto de un tríglifo y una métopa mide 1 *palmipes* de módulo helenístico. También pueden relacionarse con dicho módulo otras dimensiones. Las caras laterales de los sillares, que coincidían con los sillares adyacentes, están trabajadas con la *anathyrosis* para mejorar el contacto entre ellos, al menos en los bordes de la cara frontal. No se conoce el lugar exacto donde fue construido el monumento al que debían pertenecer, pero la presencia de varios sillares de traquita a unas decenas de metros de distancia de los que acabamos de describir nos da a entender que no debía estar lejos de donde se hallan los bloques.

En la época romana, muchas viviendas situadas en terrenos agrícolas divididos en centurias, sobre todo en la zona de Padua, según han sacado a la luz recientes hallazgos, tenían muros construidos con ladrillo cocido, del tamaño ya descrito, pero relacionados con el *pes* romano. Las cubiertas estaban hechas con tejas planas de tipo romano, trabajadas con cuidadas uniones (figura 5). De los fragmentos de una teja plana hallada rota pero completa en el territorio de Campagna Lupia, provincia de Venecia, se deduce que sus dimensiones eran aproximadamente 49 × 69 cm, pero la longitud útil era exactamente igual a dos pies, es decir, excluyendo la parte que cubría la otra teja. Puesto que no se han hallado fragmentos de tejas curvas, cabe suponer que los bordes de las tejas planas se cubrían con tejas iguales invertidas. La anchura útil de un par de tejas colocadas de esta forma sería de tres pies, formando en conjunto una cubierta de seis pies cuadrados. Resulta original la estructura de los cimientos de estas casas de campo, ya que estaba formada por fragmentos de ladrillo o tejas, colocados en seco y apoyados uno sobre el otro con una inclinación de 45º. Creemos que éste era otro sistema para reducir al mínimo la humedad procedente del subsuelo.

Muy distintas eran las estructuras de los muros de los edificios públicos. Si tomamos, por ejemplo, el anfiteatro romano de Padua (figura 6), corrientemente denominado la Arena, que se cree fue construido alrededor del 60-70 d.C.,[7] podemos decir que sus muros se apoyan en una amplia plataforma de fundación de piedra con drenaje lateral, formada por ánforas invertidas. Los muros verticales están construidos con dos paramentos de *opus vittatum* (figura 5), con franjas de piedra caliza de altura variable, pero que forman con regularidad 1 *sesquipes* romano cada tres cornisas. Entre los dos paramentos hay *opus caementicium*, con conglomerante de óptimo mortero. En la base del muro se colocaron dos, tres o cuatro hileras de ladrillos cubriendo todo el espesor del muro. Lo raro es que estos ladrillos todavía tienen el mismo tamaño que los ladrillos prerromanos de la misma zona y, por lo tanto, tienen como referencia el pie alejandrino.

En Turín, las murallas de la ciudad de la época de Augusto (figura 7) tienen una estructura bastante distinta, pero parecida a la de otros centros ubicados al pie de las montañas. La fachada exterior de la ciudad, es de ladrillo, tal y como ya se ha descrito, pero tiene como referencia el pie romano. Cada dos pies de altura de esta obra, es decir, cada ocho hileras de ladrillo, hay dos interpuestos que penetran en todo el espesor de la muralla y aparecen en la pared interior. El resto de la estructura está

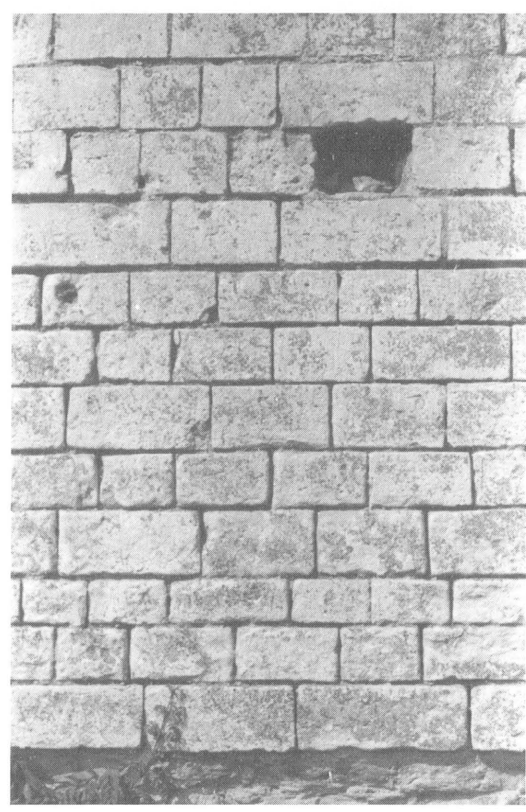


Figura 6
Padua, anfiteatro romano. Paramento en *opus vittatum*, con hileras de tamaño variable, que miden un *sesquipes*, es decir, un pie romano y medio de altura en grupos de tres, a partir de la base de material de barro cocido

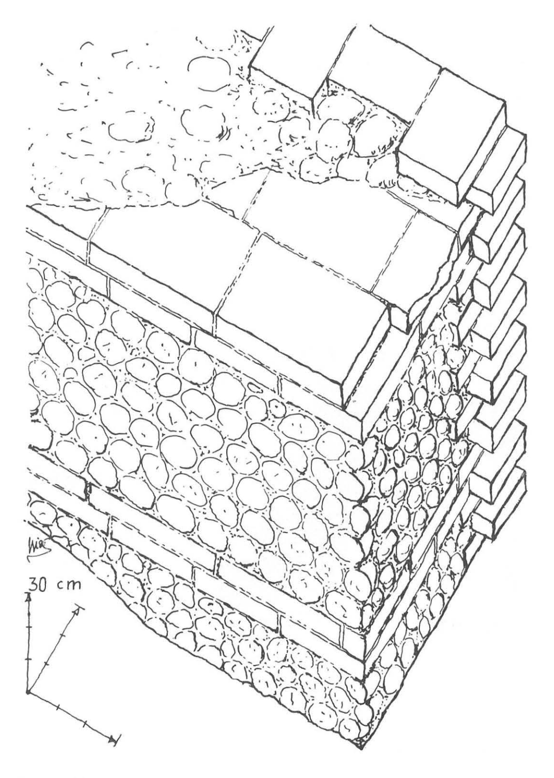


Figura 7
Turín. Reconstrucción gráfica en axonometría de la estructura de las murallas de la ciudad, del siglo I d.C., construidas con ladrillos y guijarros de río

constituida por grandes guijarros partidos por la mitad en la fachada de la muralla. El aspecto interior de las murallas muestra, por lo tanto, gruesas franjas de piedras redondeadas hasta una altura de dos pies, intercaladas por hileras de ladrillos con una altura total de medio pie.

La observación de las estructuras de los puentes romanos de albañilería, en el norte de Italia, nos ha permitido notar que son esencialmente de cuatro tipos. En Padua había cinco puentes de tres o cinco arcadas cada uno, pero sólo tres de ellos han llegado hasta nuestros días bien conservados, aunque un solo arco, el del puente de via San Francisco, construido aproximadamente en el año 30 a.C., puede verse actualmente;[8] todos los demás fueron enterrados. Conceptualmente, su estructura es similar a la del Puente Milvio de Roma, o sea construido totalmente en *opus quadratum*, con los apoyos formados por hileras de traquita de los Colli Euganei, con una altura a veces de un pie y a veces de dos. Las juntas están trabajadas con gran precisión, a pesar de la aspereza del material. El cuerpo del arco, en ambos frentes, también es de traquita, con una altura de tres pies. En cambio, el intradós del arco, de grandes piedras labradas en seco, es de piedra caliza de grano fino, fácil de trabajar, procedente de Costozza, en el territorio vicentino. La luz del arco rebajado es de 43 pies.

En el Valle de Aosta, donde aún hoy hay varios puentes romanos, algunos de ellos bastante bien conservados y otros en ruinas, cabe destacar tres tipologías de estructuras: la mayoría están construidos en

piedra local, desbastada de forma grosera, a veces abujardada, como el puente de Saint Martin, con hileras de altura variable, pero en general con bloques de piedra no demasiado grandes (figura 8). Las fachadas exteriores del cuerpo del arco no siempre presentan una altura constante, porque se encastran con las hileras horizontales de los apoyos, que son de diferentes alturas. El intradós del arco suele estar formado, en la mayoría de los casos, por anillos de sillares de piedra separados entre sí, que forman dientes laterales para el adentellado del *opus caementicium* interpuesto (figura 9). Sin duda alguna, dicha estructura fue ideada para ahorrar tiempo y mano de obra en la cantería, pero cabe suponer que, además, permitía ahorrar madera para las cimbras, ya que se podían hacer más estrechas, entre dos anillos de sillares de piedra, y luego desplazarlas en sentido lateral, comprendiendo otro par de anillos con *opus caementicium* interpuesto.

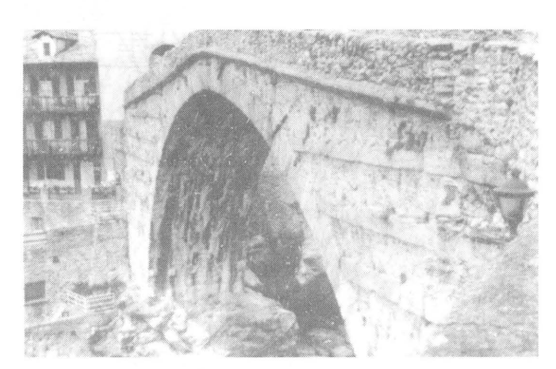


Figura 8
Pont Saint Martin (Valle de Aosta). Puente romano del siglo I a.C., con 31,38 m. de luz (106 pies romanos). El intradós del arco fue construido en anillos de *opus quadratum* alternándolos con anillos de *opus caementicium*

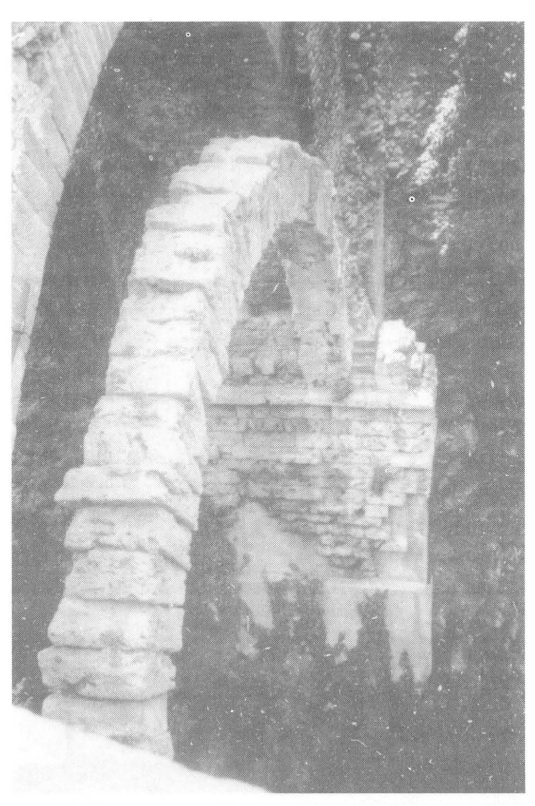


Figura 9
Chatillon (Valle de Aosta). Ruinas de un puente romano, del que sólo queda uno de los cuatro anillos de *opus quadratum*, entre los que había tres de *opus caementicium*. Obsérvese la hilera de piedras labradas en relieve inmediatamente debajo del plano de imposta: debía servir para apoyar la cimbra

El puente de Saint Vincent (figura 10) presenta en cambio una estructura del intradós, entre el cuerpo frontal de piedra de cantería, dividida horizontalmente por losas de piedra, en la dirección de las generatrices. Entre una y otra franja se virtió el denominado *opus caementicium*.

El puente de Pondel, en el territorio de Aymaville, construido en el año 3 a.C. por iniciativa privada de dos personajes originarios de la ciudad de Padua para utilizarlo también como acueducto, presenta unas características bastante distintas de las de los demás puentes descritos: salvo los dos cuerpos laterales, formados por grandes bloques de piedra de espesor constante, tanto los apoyos como el intradós del arco se construyeron con piedras labradas muy menudas. Por algunas de las medidas tomadas, parece que el puente fue construido con un módulo igual al *pied de Paris* en lugar del pie romano. En definitiva, si otras mediciones lo confirmaran, deberíamos reconocer que la unidad de medida, empleada en las catedrales góticas francesas, se remonta a la época gálica. En ese caso sería evidente que los dos personajes de Pa-

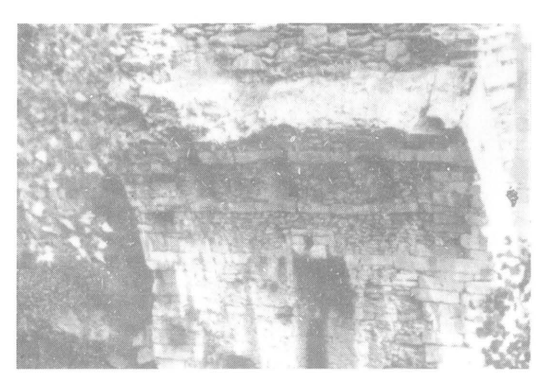


Figura 10
Saint Vincent (Valle de Aosta). Ruinas de un puente romano: el intradós del arco muestra una subdivisión en franjas horizontales del *opus caementicium*, entre los dos cuerpos frontales del arco, mediante losas de piedra caliza

dua encomendaron la construcción de la obra a locales, que todavía no estaban acostumbrados a usar el pie romano.

En el presente trabajo, como se puede notar, se han considerado argumentos particulares, poco conocidos, del territorio propuesto; pero quedan muchos otros argumentos interesantes que podrían ser tratados oportunamente.

Notas

1. Cabe citar el caso de Sotciastel, en la provincia de Bolzano: Véase Bagolini, B., Tasca G. y Tecchiato, U., «Relazione preliminare e risultati della prima campagna di scavi nell' insediamento dell' età del bronzo di Sotciastel», en *Ladinia,* nº 13 1.989, pág. 33.
2. Alberti, A. y Bombonato, G., «Osservazioni sul Doss dei Pigui», en *Archeologia delle Dolomiti*, Vigo di Fassa (TN), San Martin de Tor (BZ) 1.993, págs. 113-125.
3. Perini, R., Tesero, località Sottopedonda, scavi 1982, «Contributo alla conoscenza delle metodologie costruttive della casa retica preistorica», en AA.VV. *Per Padre frumenzion Ghetta OFM. Scritti di storia e cultura ladina, trentina, tirolese e nota bibliografica in occasione del settantesimo compleanno*, Trento. Vigo di Fassa, 1.991, págs. 511-540.
4. C.F. Wolff, *L' anima delle Dolomiti. Il Regno dei Fanes,* traducción del alemán de C. Ciraolo da Empoli, Bolonia, 1.982, véanse sobre todo las págs. 82-92.
5. E. Cavada, «Forme e testimonianze archeologiche della presenza umana nell' area ladino-dolomitica durante il primo millennio d.C.», en *Archeologia delle Dolomiti. Ricerche e ritrovamenti nelle valli del Sella dall' età della pietra alla Romanità*, Vigo di Fassa (TN), San Martin de Tor (BZ), 1.993.
6. Vitruvio Pollione, M., *De Architectura,* 1. II, cap. III ap. 3.
7. Véase Gasparotto, C., *Padova romana,* Roma, 1.951, págs. 115-119.
8. Gasparotto, C., *op. cit.,* pág. 102.

La posición económica del maestro de obras valenciano en el panorama constructivo (1350-1480)

M.ª Mar Sánchez Verduch

Sumergidos en el amplio y complejo mundo de la construcción medieval, los maestros de obras de la Valencia gótica vieron su figura ir perfilándose al socaire de las circunstancias; su situación económica, producto de aquéllas, se convierte así en manifestación que caracteriza, entre otras, a estos personajes ayudándonos en la difícil tarea de acercarnos a su conocimiento. A la búsqueda de aquellas pistas que permitiesen plantear cúal debió ser el poder adquisitivo de estos hombres y definir su posición en cuanto a ellos mismos y respecto al resto de sus compañeros dentro del baremo económico, se han tomado los datos proporcionados por los libros de cuentas de la *Sotsobrería de Murs i Valls* que hacen referencia a los salarios de los distintos trabajadores del sector constructivo, a sus diferencias y a su evolución a lo largo de este periodo y se han contemplado a la luz de las circunstancias económicas que envolvían a las gentes en la Valencia de 1350 a 1480 y de la tendencia general de los salarios y precios en la misma entendiendo que, al igual que el resto de sus contemporáneos, el maestro de obras valenciano se constituye en elemento integrante de un todo. A pesar de que los datos manejados corresponden a un área concreta, la de la contratación a cargo de las autoridades municipales, es permisible creer que éstos son extrapolables al panorama ofrecido por otros promotores, como sería el caso de las autoridades religiosas. En todos los sectores debió producirse un comportamiento similar respecto a quienes poseían la titulación alusiva al magisterio.

En una primera aproximación a la esfera constructiva se detectan a lo largo de todos estos años una serie de fluctuaciones en los salarios percibidos por los distintos trabajadores que no parecen vincularse a los cambios estacionales[1] sino que dependen de la persona que realiza determinado trabajo o del tipo de tarea en cuestión. Pese a estos vaivenes salariales y a través de ellos se percibe la evolución progresiva en sentido positivo que en este periodo de tiempo experimentan los salarios de este ámbito en términos generales (figuras 1, 2, 3).

Las mencionadas oscilaciones salariales que se observan dentro de un mismo año afectan tanto a aquellas categorías que siguen en importancia remunerativa a la de los maestros de obras como a estos mismos; tales variaciones podrían atender en términos generales a la distinta valoración de los hombres que las constituían y concretamente en el caso de los denominados maestros nos ponen en la pista de la ausencia de una total homogeneidad en el seno de este colectivo por un lado y, por otro, de la prevalencia del tipo de trabajo por encima del tipo de titulación. Además, dependiendo del escalafón profesional las variaciones existentes se nos muestran con distinta intensidad; en el caso de los alarifes, fuesen del tipo que fuesen, éstas eran más sutiles y puede hablarse de una mayor estabilidad de los salarios de éstos en lineas generales. Pienso, que el menor número al que ascendían los integrantes de este grupo, comparado con los más abultados efectivos laborales que componían el resto de categorías inferiores a las de

Año	Mestres	Piquers	Obrers de Vila	Fusters	Menestrals	Manobres i altres	Sobrestants
1380	4 sueldos					1 sueldo 1 sueldo y 2 dineros 1 sueldo y 8 dineros 1 sueldo y 10 dineros 2 sueldos	
1390	4 sueldos 4 sueldos y 6 dineros 5 sueldos	3 sueldos y 6 dineros 4 sueldos	3 sueldos y 6 dineros 3 sueldos y 8 dineros		3 sueldos 4 sueldos	2 sueldos 2 sueldos y 6 dineros	
1395	5 sueldos	3 sueldos y 4 dineros 3 sueldos y 6 dineros 3 sueldos y 8 dineros		4 sueldos		2 sueldos y 6 dineros	
1400	5 sueldos	4 sueldos		4 sueldos			
1405	4 sueldos 6 dineros			3 sueldos y 6 dineros 3 sueldos y 8 dineros 4 sueldos		1 sueldo 1 sueldos y 8 dineros 1 sueldos y 10 dineros 2 sueldos y 6 dineros	
1406	4 sueldos 4 sueldos y 6 dineros	4 sueldos	3 sueldos y 6 dineros 4 sueldos			1 sueldo y 6 dineros 2 sueldos 2 sueldos y 4 dineros 2 sueldos y 6 dineros	2 sueldos y 6 dineros
1411	4 sueldos y 6 dineros		3 sueldos y 6 dineros 4 sueldos			2 sueldos 2 sueldos y 6 dineros	2 sueldos y 6 dineros
1420	4 sueldos y 6 dineros 5 sueldos	3 sueldos		4 sueldos	3 sueldos 4 sueldos	2 sueldos 2 sueldos y 6 dineros	2 sueldos y 6 dineros
1425	4 sueldos y 6 dineros 5 sueldos	3 sueldos 4 sueldos	3 sueldos		3 sueldos y 6 dineros 4 sueldos	1 sueldos y 8 dineros 2 sueldos 2 sueldos y 2 dineros 2 sueldos y 4 dineros 2 sueldos y 6 dineros	2 sueldos 2 sueldos y 6 dineros
1430	4 sueldos 5 sueldos	3 sueldos 4 sueldos				2 sueldos y 6 dineros	3 sueldos
1435	4 sueldos 5 sueldos		3 sueldos, 3 sueldos y 6 dineros 4 sueldos		4 sueldos	2 sueldos 2 sueldos y 6 dineros	3 sueldos
1440	4 sueldos y 6 dineros 5 sueldos	3 sueldos 4 sueldos	3 sueldos y 6 dineros	4 sueldos		2 sueldos y 6 dineros	3 sueldos
1445	5 sueldos	3 sueldos 4 sueldos			4 sueldos	2 sueldos y 6 dineros	3 sueldos
1450	5 sueldos	4 sueldos			4 sueldos	2 sueldos y 6 dineros	3 sueldos
1455	5 sueldos	3 sueldos 4 sueldos		3 sueldos 4 sueldos		2 sueldos y 6 dineros	
1460	5 sueldos	4 sueldos				2 sueldos y 6 dineros	3 sueldos
1465	5 sueldos	4 sueldos	4 sueldos	3 sueldos 4 sueldos		1 sueldo y 6 dineros 2 sueldos y 6 dineros	3 sueldos
1470	5 sueldos	4 sueldos				2 sueldos y 6 dineros	3 sueldos
1471	5 sueldos	4 sueldos				2 sueldos y 6 dineros	3 sueldos
1475	5 sueldos	4 sueldos				2 sueldos	3 sueldos
1480	5 sueldos	4 sueldos	4 sueldos	4 sueldos	4 sueldos	2 sueldos y 6 dineros	3 sueldos

Figura 1
Salarios según Sotsobrería de Murs i Valls

Año	Mestres	Piquers	Obrers de Vila	Fusters	Menestrals	Manobres (i altres)	Sobrestant
1380	48	36	36	36	36	12	28
1390	53	44	40	42	42	26	28
1395	60	40	41	48	42	28	28
1400	60	48	48	48	42	28	28
1405	52	48	48	43	42	19	28
1406	50	48	44	48	42	23	28
1411	52	48	44	48	42	26	28
1420	56	36	42	48	42	26	28
1425	56	42	42	48	44	24	26
1430	54	42	42	48	48	28	36
1435	54	44	41	48	48	26	36
1440	53	42	40	48	48	28	36
1445	60	42	42	48	48	28	36
1450	60	48	48	48	48	28	36
1455	60	42	42	42	48	28	36
1460	60	48	48	42	48	28	36
1465	60	48	48	42	48	22	36
1470	60	48	48	48	48	28	36
1471	60	48	48	48	48	28	36
1475	60	48	48	48	48	24	36
1480	60	48	48	48	48	28	36

Figura 2
Conversión sueldos/dineros

los maestros, permitía a estos últimos mantener determinados modos de comportamiento más o menos organizados ante el resto de la sociedad, y muy concretamente ante los promotores o clientes, resultando de todo ello el disfrute de una posición en cierto modo jerárquica que les permitía mantener unos salarios superiores y en una tónica más equilibrada que la ostentada por el resto de los trabajado-res de rangos menores.

Por otra parte, la evolución de los salarios de los distintos profesionales de este orbe a lo largo del periodo nos permite percatarnos de la escasa distancia que el salario de los maestros mantiene respecto a quienes les siguen inmediatamente en rango, cuestión que nos obliga a plantearnos la dimensión de esa superioridad que con toda confianza otorgamos a primera vista a los maestros de obras. Tales trabajadores gozaban de un cierto prestigio por encima del resto con cualificaciones inferiores; en el reconocimiento de los *fusters* —carpinteros— interviene también la estrecha relación que mantenían con los *piquers* —canteros—, en particular los llamados

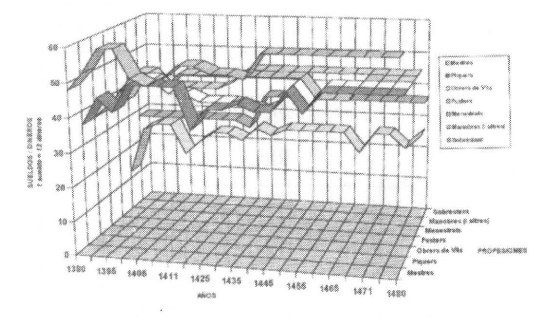


Figura 3
Salarios según Sotsobrería de Murs i Valls

mestres d'aixa —calafates—, ya que eran éstos los que componían en tierra las cimbras de los arcos, las elevaban, las colocaban en el lugar que debían ocupar, las trasladaban una vez realizado el arco y, en definitiva, las montaban y desmontaban. En el caso de los *menestrals* u oficiales resulta evidente su posición privilegiada al frente de *piquers* y *obrers de vila* —albañiles— si tenemos en cuenta el grado de cercanía que llegaría a establecerse respecto a los maestros de obra, ya fuesen de albañilería o de cantería, y que provocaría la aparición de requisitos gremiales para acceder del oficialato a la maestría impidiendo que los oficiales usurpasen el terreno del maestro constructor.

El incremento salarial que se produce se aprecia con distinta magnitud dependiendo del escalafón laboral que tomenos como referencia. A tenor de la documentación consultada esta progresión favorable es más acusada en el caso de los hombres dedicados a los trabajos de menor cualificación. Los maestros ven cómo su salario aumenta en ese periodo sólo una quinta parte, cuando no menos, y los canteros, carpinteros, albañiles y oficiales comprueban cómo en su caso el ascenso se cifra en una cuarta parte del salario como mucho, mientras que los *manobres* o peones de albañil, *argamasers* o encargados de preparar la argamasa, jornaleros y ayudantes son quienes sufren cambios más sustanciales al ver sus jornales incluso más que duplicados (figuras 4 y 5). Sin embargo, no sería aconsejable que lo que parece un proceso lineal y continuo tendente a reducir márgenes entre los diferentes rangos nos cegara sin permitirnos afinar en mayor medida la propuesta de desentrañar la verdadera posición económica del maestro

Año	Mestres	Piquers	Obrers de Vila	Fusters	Menestrals	Manobres (i altres)	Sobrestant
1380	48	36	36	36	36	12	28
1480	60	48	48	48	48	28	36

Figura 4
Evolución salarios según Sotsobrería de Murs i Valls

de obras. El terreno económico donde se movían estos alarifes trasciende el salario reflejado en los libros de cuentas para informarnos de ciertas compensaciones que le permitirían aumentar la escasa distancia salarial que mantenían con otros trabajadores de niveles considerables. En este sentido podríamos citar el pago del alquiler de la casa aunque esta actuación no era tan gratuita como a simple vista pueda parecer, pues si bien con ella se reconocía la valía de un maestro también permitía al patrono estrechar lazos con éste a fin de tenerlo más disponible, convirtiéndose de ese modo en una acción integrada en el mecanismo de intereses que implicaba a la parte contratante y a la parte contratada. Al respecto traería a colación el caso de Pere Balaguer en el que la Ciudad se hacía cargo de los 198 sueldos anuales a los que ascendía el alquiler de sus casa, especificando en los pagos que la finalidad era conseguir el provecho de la obra y procurar la mayor cercanía posible del maestro a la misma.[2] Deberíamos aludir también a las pagas que se hacían con carácter extraordinario, muestras de ellas son las recibidas por Pere Balaguer en 1400 que supuso el desembolso de 4400 sueldos en reconocimiento de su labor en las Torres y Portal de los Serranos[3] o los 50 florines de

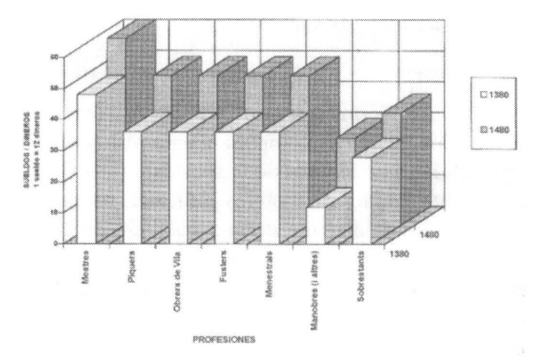


Figura 5
Evolución salarios según Sotsobrería de Murs i Valls

oro que en 1418 y con carácter retroactivo desde el año anterior recibió Joan del Poyo del *Consell*[4] y todavía mencionaríamos las estrenas que recibían al concluir una obra o parte de la misma, de tal suerte encontramos a Jaume Gallent y a Francesch Baldomar el 12 de julio de 1446 en las obras del Portal de Quart recibiendo en dicha ocasión 30 sueldos.[5]

A todo ello añadiríamos aún por su especial relevancia las consecuencias del cambio que se produce en la relación maestro/cliente, sobre todo a medida que entramos en el siglo XV; aires de libertad impregnan entonces la esfera constructiva, el maestro puede trasladarse a otros lugares delegando su faena en otras personas, puede firmar por tanto varios contratos a la vez, pues no es necesaria su presencia física en la obra desde que ésta comienza hasta que termina; pongo como ejemplo ilustrativo de esa ausencia consentida a Guillem Bonfill en las obras del Portal de Quart, de marzo a diciembre de 1460 sólo hace acto de presencia el día 25 de septiembre, el resto de los días las obras continúan sin que él esté al frente de las mismas físicamente.[6] De este modo, los ingresos de un maestro se veían aumentados a medida que lo hacía su participación al frente de las distintas empresas edilicias.

Vistas así las cosas, la verdadera situación económica del maestro constructor se nos muestra en cierto modo encubierta bajo la documentación referente a los jornales diarios que se le ofrecían; no obstante, si peligroso resulta dejarnos llevar por ésta, igualmente erróneo sería generalizar este encubrimiento para todos aquellos que poseían el grado de maestría. Lo cierto es que no todos los llamados maestros de obras poseían la suerte de merecer todas esos aportes extraordinarios. Éstos se constituían en privilegio de unos pocos marcando así una diferencia en el interior de esta categoría que no siempre es fácil de advertir, bien sea por los documentos, arma de doble filo, bien por la falta de claridad respecto a la terminología o bien por las múltiples facetas de estos personajes que provocan cierta confusión a los ojos de nuestros contemporáneos.

Cabe advertir aún acerca de otro tipo de pagas que pueden hacernos elevar al maestro por encima de la realidad, me refiero a aquéllas que aparecen en los documentos como pagos hechos a pie de obra y cuya cifra es en algunos casos considerable. El hecho de que el maestro dejase a otras personas al frente de la obra es un síntoma de lo que podríamos llamar actividad empresarial; en cierto modo el maestro se convertía en ocasiones en un empresario, sobre todo en aquellas construcciones de segundo rango o labores de menor magnitud en las cuales poseía la capacidad para mover las cuerdas laborales a su antojo —contratación de mano de obra, búsqueda de materiales, etc.—; tampoco es inusitado encontrar a un maestro de obras de mayor importancia al tanto de escoger a sus ayudantes, supervisar e incluso comprar el material. Todas estas ocupaciones redundaban en las cantidades que a menudo aparecen reflejadas en los libros de cuentas de la época y que fácilmente, en caso de que no se especifique el motivo del pago, pueden hacernos pensar que responden al trabajo del alarife en cuestión. Sin embargo, remitiéndonos a aquellos documentos donde se halla de manera explícita el por qué de tal dotación conseguimos deshacer el espejismo y alertarnos sobre lo inadecuado de una sobrevaloración de determinados personajes a partir de ciertos informes; casos ilustrativos de lo dicho podrían ser los siguientes: en 1399 a Domingo Beneyto se le dispensa una paga de 2035 sueldos que responde al trabajo de él mismo, de sus ayudantes y del material a comprar;[7] a lo largo de 1440, un tal Francesch Curça, *maestro mayor de las obras de la ciudad*, recibe aparte de su salario una serie de cantidades con las que se cubren otros servicios como el alquiler de una escalera, cuerdas u otro tipo de material requerido en la obra;[8] el 26 de noviembre de 1440 Jaume Gallent recibe 15 sueldos y 11 dineros por clavos, barras y cabrios comprados por él para los antepechos de las andanas de la prisión;[9] en 1461 se le dan a Jaume Pérez 44 sueldos para que con ellos comprase lo necesario con el fin de celebrar la fiesta de San Dionisio en las Torres de los Serranos, dicho importe contemplaba no sólo el material para dichas torres sino también artículos comestibles como avellanas y turrones para el personal,[10] ese mismo año también se le había pagado por material para la obra del Portal de Quart que él se había hecho cargo de comprar[11] y en junio de 1472 se le abonan a Pere Compte 7 sueldos por las ramas, cañas, etc. necesarias para engalanar las Torres de los Serranos.[12] Aunque es cierto que existen otros casos en que los trabajadores son buscados por parte del cliente y el material es cedido del mismo modo por éste quedando de esta forma estipulado en el contrato, estos ejemplos y otros más nos ponen en la pista del dicho popular: «no es oro todo lo que reluce».

Planteada pues la existencia de esos movimientos salariales en el año, de un estrecho margen de distancia entre los maestros y otros trabajadores de menor rango, de las distintas vías de aportaciones económicas de las cuales disfrutan los titulados con el magisterio y de la escisión que se advierte entre los componentes de esa categoría, no estaría de más cuestionarse hasta qué punto el título de maestría resulta esclarecedor a la hora de determinar el status de estos trabajadores. Al maestro de obras de este periodo lo mismo podíamos encontrarlo diseñando un edificio como realizando cualquier otro tipo de actividad codo con codo junto a otros trabajadores de menor categoría profesional; la diversidad de trabajos desempeñados además de informarnos de su versatilidad, nos permite acercarnos a su situación económica desde un ángulo distinto. Aunque es cierto que en los libros de cuentas la figura del maestro goza de una posición más elevada que el resto de los trabajadores de la construcción, hecho que puede advertirse tanto en la forma en la que aparece inscrito como por la cuantía de su jornal, no es menos verdad que en muchas ocasiones comparte trabajo y jornal sin distinción alguna con quienes se suponía que estaban bajo sus órdenes, de tal forma que maestros de cierta talla cobraban, en no pocos casos, la misma cantidad que aquéllos. Por otra parte, el ostentar el título de maestría no aseguraba cobrar el salario «estipulado» para estos personajes, al menos no cada día del año sin ninguna excepción; lo que hoy llamaríamos sus «honorarios» estaban muy lejos de ser algo firmemente establecido. Estas cuestiones nos hacen pensar en la necesidad que existe a la hora de hablar del maestro de obras de tener en mente ciertas matizaciones que nos aparten del peligro que supone la generalización de los personajes de este modo denominados. La titulación conllevaba cierto prestigio y alguna que otra ventaja, pero no todos los maestros tenían las mismas oportunidades ni las mismas compensaciones sociales y económicas. De entre ellos los habrían que estarían por encima del resto, aunque esa superioridad no estuviese vinculada a la ostentación de un título añadido al de maestría propiamente dicho; me refiero al calificativo de *maestro mayor* o *maestro de la ciudad* y esto queda patente cuando llamándoles por igual a unos se les paga más que a otros, pongamos por caso a Joan del Poyo en 1406 que trabajando en las obras del Puente del Temple cobra, en calidad de maestro, 4 sueldos y 6 dineros de jornal, mientras que Domingo Valero con idéntica titulación cobra en ese mismo año 4 sueldos por su trabajo en *las rejas del valle de las 5 muelas*.[13] Mayor evidencia se desprende de las ocasiones en que determinados personajes perciben concesiones extraordinarias como los paños del llamado *verní de Flandes* con los que se obsequia a Pere Balaguer[14] e incluso podría especularse acerca de una situación más o menos ventajosa si tomamos como base de la argumentación la posesión de determinados bienes como viñas, en el caso de Pere Balaguer, para poder hacer frente a determinadas situaciones, dinero para prestar a otros, en el caso de Francesch Baldomar, o diversas pertenencias como en el caso de Francesch Viulaygua quien contaba con ayudantes o *moços*, esclavos, esclava, viviendas, caballo para los días festivos y trajes de seda.[15] Por otra parte, no todos los que se hacían llamar maestros de obras realmente lo eran, los conflictos terminológicos que se dan cita en esta época y las sucesivas usurpaciones de rango debido a la falta de ataduras corporativas del momento, posibilitaban la utilización de este calificativo de manera arbitraria en algunos casos. Asimismo, un personaje podía aparecer unas veces documentado como maestro y otras no, a pesar de serlo realmente, y esto no deja de ser llamativo sobre todo para nuestras mentes tan apegadas a los títulos, aunque más significativo todavía, para el asunto que ahora nos concierne, es el hecho que se desprende de lo dicho con anterioridad, a saber: que una misma persona titulada, unas veces reciba un salario y otras otro diferente. Y puede que ahí se halle la clave del asunto, es decir, aunque se contemplase el rango del trabajador, lo que verdaderamente importaba era la tarea realizada, se compraba y se vendía el trabajo y no tanto la categoría del que lo desempeñaba.

Pese a todo lo dicho hasta aquí, no puede dilucidarse si la situación económica del maestro de obras valenciano era humilde o si por el contrario se mantenía en unos índices superiores a la del resto de trabajadores, no sólo del mundo de la construcción sino también de otras esferas, sin tener en cuenta que el movimiento de los salarios no puede entenderse si no es formando parte de un movimiento general que no es otra cosa que el mecanismo socio-económico que se da en un tiempo determinado y que propicia unos comportamientos concretos hasta en los aspectos más cotidianos. Tomando como referencia las conclusiones extraídas del estudio realizado por Earl J

Año	1380	1390	1395	1400	1405	1406	1411	1420	1425	1430	1435	1440	1445	1450	1455	1460	1465	1470	1471	1475	1480
Salarios Mestres	48	53	60	60	52	50	52	56	56	54	54	53	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Salarios Generales			94,95	99,74	90,87	93,98	97,65	101,57	103,27	104,76	95,37	100,09	99,07	104,43	101,58	100,31	103,78	98,48	99,31	93,35	85,47

Figura 6
Tabla comparativa: Evolución salarios maestros según Sotsobrería de Murs i Valls. Evolución salarios generales según Hamilton

Hamilton respecto a los movimientos de precios y salarios,[16] compartidas por otros estudiosos del tema, y superponiendo aquélla referente a los salarios de los maestros de obras a partir del estudio realizado en los libros de cuentas de la *Sotsobrería de Murs i Valls* pueden analizarse los salarios de los maestros en relación a los salarios generales de ese periodo. Su posición económica encaja con los rasgos fundamentales que marcan la situación de todos aquellos trabajadores del momento. Los salarios, al igual que los precios, mantendrían una tendencia alzista tras las primeras sacudidas de la Peste Negra y otros sinsabores que de manera cíclica dejaron su impronta; este ritmo de ascenso se manifestó, más o menos, hasta 1370 aproximadamente; después se pasaría a un periodo de estabilidad salarial, gracias a una revitalización económica evidente, a unos ingresos fiscales en aumento y a un contexto financiero bien saneado con base en los censales —*censals*—, así como a la presencia de una una paridad constante entre la moneda de cuentas —el sueldo— y las monedas de oro y plata —florín de oro y real de plata valenciano—. Esta situación se prolongaría durante las tres primeras cuartas partes del siglo siguiente para dejar paso allá por 1470 a unos nuevos síntomas salariales que tenderían a la baja (figuras 6, 7).

De todo lo expuesto se desprende lo siguiente: aunque en términos generales, los salarios de los alarifes se comportan de acuerdo a la dinámica salarial del momento, la posición económica del maestro de obras valenciano no era uniforme para todos los que de esa manera se calificaban existiendo diferencias internas dentro de este círculo; la mayor parte de sus integrantes mantendrían un status bueno, pero no muy superior al de otros trabajadores del ámbito constructivo, sólo unos pocos superarían esa situación y se remontarían a otra más ventajosa en virtud no sólo de su título, ya que el disfrute de ese calificativo no influía directamente en el recibo de un salario constante, homogéneo y por encima del percibido por otros trabajadores, sino, sobre todo, de la proyección de sus capacidades al abrigo de unas circunstancias concretas que fueron derivando en una cada vez mayor racionalización y división del trabajo, aumentando de ese modo el espíritu competitivo y de superación entre los propios maestros y terminando por marcar diferencias entre unos y otros.

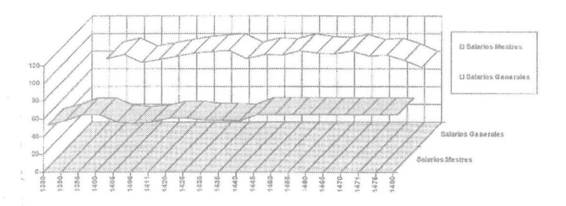


Figura 7
Salarios maestros según Sotsobrería de Murs i Valls. Salarios generales segúun Hamilton.

Notas

1. Algo que sí ha podido constatarse en otros lugares. J. Gimpel nos pone al tanto de las decisiones que tomaron las autoridades inglesas respecto al salario laboral, distinguiendo en él las estaciones de verano e invierno, incluso llegando a estipular cuatro baremos de pago, uno para cada estación, con la finalidad de evitar los problemas que surgían derivados de la diferencia de horas trabajadas en cada una de ellas. J.Gimpel: *La revolución industrial en la Edad Media.* (Taurus). Madrid, 1982, p. 90.
2. Puede comprobarse en los asientos correspondientes a 1395 y 1397. Para 1395 (20 de febrero), Archivo Municipal de Valencia (=AMV): *Sotsobrería de Murs i Valls* (=*SMV*), d(3)-7, f. 202. Para 1397, M. Carboneres: *Nomenclator de las Puertas, Calles y Plazas de Valencia.* Valencia, 1873, p. 9. Noticias recogidas por F. Almela y Vives: «Pere Balaguer y las Torres de los Serranos». *Archivo de Arte Valenciano.* 1959, p. 34.

3. AMV: *SMV*, d(3)-11, f. 233v. Noticia recogida también por M. Carboneres: *Nomenclator de las Puertas...*, cit. pp.9-10 y por F. Almela y Vives: «Pere Balaguer y las Torres...», cit., p. 34.
4. AMV: *Manual de Consells* (=*MC*), A-26, f. 312 r. 14-III-1418. A esta noticia hace referencia en su trabajo A. Serra Desfilis: «Al servicio de la ciudad: Joan del Poyo y la práctica de la arquitectura en Valencia (1402-1439)». *Ars Longa*, 5, 1994, p. 113; remitiéndonos en él al texto publicado por L. Tramoyeres: «Los artesonados de la antigua Casa Municipal de Valencia. Notas para la historia de la escultura decorativa en España». *Archivo de Arte Valenciano.* III, 1917, pp. 68-69.
5. AMV: *SMV*, d(3)-48, f. 76r. Noticia recogida por M.ª Milagros Cárcel Ortí: «Vida y urbanismo en la Valencia del siglo XV». *Miscel.lània de textos medievals.* Tomo VI. Barcelona, 1992, p.552.
6. AMV: *SMV*, d(3)-60, f. 103.
7. AMV: *SMV*, d(3)-11, f. 233.
8. AMV: *SMV*, d(3)-44.
9. AMV: *SMV*, d(3)-44, f. 95v.
10. AMV: *SMV*, d(3)-61, f. 191v.
11. AMV: *SMV*, d(3)-61, f. 114.
12. AMV: *SMV*, d(3)-74.
13. AMV: *SMV*, d(3)-17, ff. 68v. y 79v.
14. F. Almela y Vives: «Pere Balaguer y las Torres...», cit., p.34.
15. Para el caso de Pere Balaguer, Archivo del Reino de Valencia (=ARV): *Fondos Notariales. Protocolo de Andrés Julián.* Sig. R-1265. Para el caso de Francesch Baldomar, ARV: *Fondos Notariales. Protocolo de Bartolomé Escribá.* Sig. B-815. Para el caso de Francesch Viulaygua, J. Sanchis Sivera: *Dietari del capellá d'Anfons el Magnànim.* Valencia, 1932, p.425.
16. Hamilton, Earl J.: *Money, prices and wages in Valencia, Aragon and Navarre, 1351-1500.* Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, 1936. Pp.41-78.

O arco ultrapassado na arquitectura visigótica

Nuno Santos Pinheiro

Como professor de tecnologias da construção, têm os meus trabalhos de investigação sido orientados para a evolução destas formas de edificar e por esse facto, para a história da tecnologia da construção.

Para além dos estudos sobre a evolução do habitat dos povos que foram sempre, ao longo dos milénios, influenciados pela constante cultural vinculada pelo Mediterrâneo, elaborei um estudo profundo sobre o arco ultrapassado também conhecido por arco de ferradura. São várias as hipóteses que se põem quanto à sua génese.

Curiosamente, na reimpressão de 1995 da História de la Arquitectura Occidental-de Grecia al Islam, de Fernando Chueca Goitia, leio na pag.292 »...queda como un incognita la aparición del arco de herradura en estelas romanas, y en algunos mosaicos, como el de Arnal, cerca de Leiria, que hoy se encuentra en el «Victoria and Albert Museumÿ de Londres. Aparecen numerosas estelas deste tipo en la Península desde el siglo II...»

Ao verificar que Frank Lloyd Wright usa este arco ultrapassado, como elemento decorativo, nalguns tipos da sua arquitectura, concluo que este mestre, pioneiro do racionalismo na arquitectura moderna da qual é um dos grandes responsáveis, faz reflectir a sua grande ligação com o sentir oriental, com o desejo ,segundo a minha leitura, de frisar o intimismo que este elemento construtivo sugere. Anteriormente, este arco de ferradura, fora usado em arquitecturas revivalistas até ao Séc. XIX em consequência da sistematização da sua utilização no período gótico manuelino e no anterior. Na realidade como aparece este arco?

Já em 2000AC, no velho Egipto que partilha com a Caldeia a honra de ter dado nascimento à arquitectura, segundo Auguste Choisy, encontramos na pirâmide de Abydos o arco de volta perfeita como processo construtivo que permite fazer com que as cargas provenientes da abertura de um vão, se encaminhem para as paredes e se degradem, ao longo delas, até chegarem ao chão, onde são absorvidas.

Curiosamente em 500AC quer os Etruscos quer os Incas, do outro lado do Atlântico, no templo do Sol, na ilha Titicaca, ensaiam as suas tentativas no sentido de superar a verga recta. Os Maias, em 300DC, acabam mesmo por conseguir executar o arco polilobado (figura 1).

Estes são alguns exemplos flagrantes da capacidade enovadora do Homem que, com diferenças temporais, conseguiu descobrir, em vários pontos da terra, um elemento formal de grande importância e significado que, ora se desenvolve na singeleza poética dos seus múltiplos traçados, ora se transforma na geratriz da abóbada acménida. A este elemento construtivo cabe o significado arquitectónico do ornamental mas, ele encerra em si mesmo, uma força carregada de símbolismo e de misticismo.

Recordemos que o «triunfo» romano se materializa num arco de volta perfeita até ao séc.I AC passando depois a um conjunto de três, sendo o do meio, o maior. Ele simboliza a forma viva do triunfo de Roma e dos seus cidadãos mas este facto leva-me a

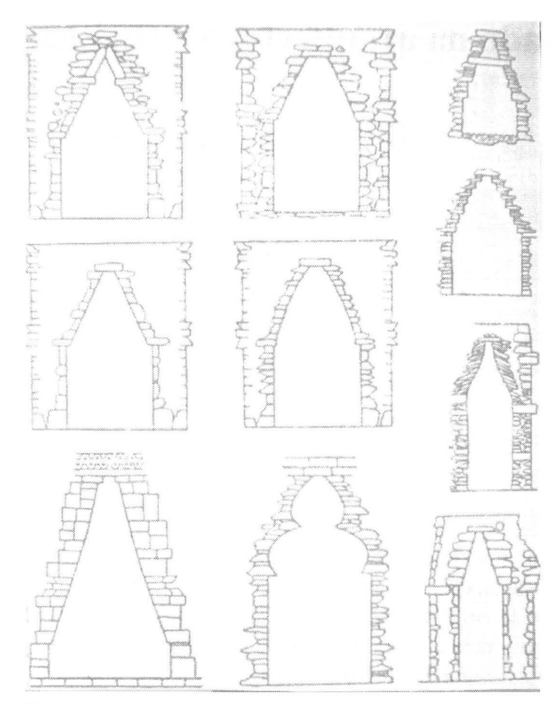


Figura 1
Arcos Maias 320D.C.

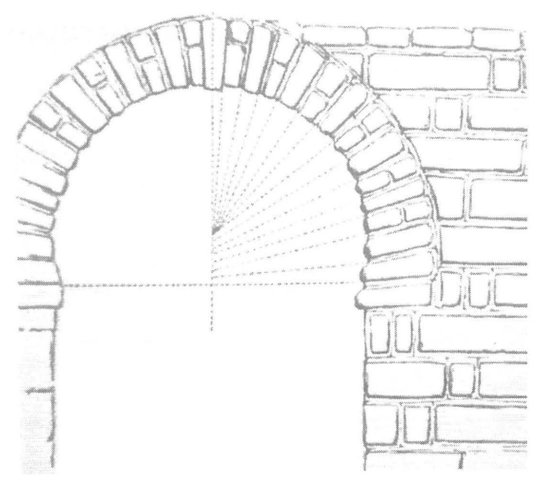


Figura 2
Porta de Sevilha, Córdova

admitir que séculos depois, os cristãos quiseram mostrar o triunfo do seu Deus, quando usam este conjunto de arcos como geratriz do templo que o glorifica.

O arco de ferradura é uma das muitas formas que este elemento construtivo pode apresentar. Ele tem uma característica específica: o arco continua depois das suas nascenças, descansando nas impostas, para além da linha que contem o centro da circunferência (figura 2).

Muitos historiadores, já anteriormente se debruçaram sobre a génese deste tipo de arco:

–Gomez-Moreno, considera o arco de ferradura de origem peninsular e anterior à invasão árabe.

–Auguste Choisy considera que ele aparece pela necessidade construtiva de se fazer um recuo nas nascenças, para colocação da cofragem.

–Henry Martin conclui que a arte árabe importou da Pérsia as cúpulas, os arcos de ferradura e os arcos polilobados.

–Manuel Monteiro, quando fala da capela de S.Frutuoso de Montélios perto de Braga, diz que estes arcos já eram conhecidos da península antes da invasão bárbara como atestam as estelas romanas dos se. II e III dos museus de Leon e Madrid (figura 3).

–Creswell considera que este arco foi ditado por primitivas estruturas de madeira em que uma cobertura de bambú foi curvada. Esta estrutura terá sido copiada nos templos cortados nas rochas, da Índia.

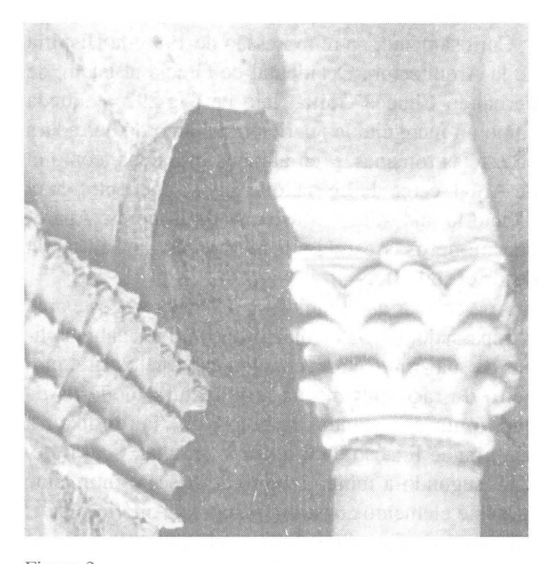


Figura 3-a
S.Fruoso de Montélios

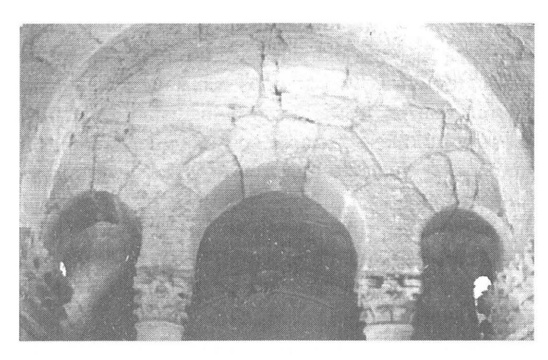


Figura 3-b
S.Fruoso de Montélios

Numa estela votiva à mulher de Flávio (figura 4), podemos encontrar elementos de caracterização romana na composição dos três arcos de ferradura mas sobretudo de simbologia oriental(Mesopotamica), nos círculos divididos por três diâmetros, como sinal de infinito e eterno, assim como nos conjuntos de triângulos invertidos como símbolo de fertilidade.

Lembro aqui as palavras de Torres Balbás que falando deste tipo de arco nos diz»...indica una posible difusion en el Occidente romano en compania de las divindades orientales...»

Noutra estela votiva de 525DC (figura 5), encontrada em Mértola também com o arco de ferradura, referente a um «princeps cantorum sacrosancte aeclesiae mertilliane», a sua caracterização é exclusivamente cristã.

Não são estes os únicos indicadores da existência deste arco antes da reorganização da arquitectura peninsular feita no domínio visigótico.

Gomez-Moreno indica-nos a sua existência nas muralhas de Autun, Verona, Saintes, Córdova e Mérida.

Entendemos no entanto que a sua utilização sistemática aparece no séc.VI, em 661, na igreja de S. Juan de Banos, na igreja de Trampal em Alcuescar, segundo Helmut Schlunk em S. Pedro de Balsemão e no séc.VII em S.Frutuoso de Montélios perto de Braga, em S.Gião da Nazaré, S. Pedro de la Nave, S. Comba de Bande em Orense e Quintanilla de las Vinas em Burgos.

Neste período confuso, difícil por vezes de entender, a península albergou os visigodos, admitiu o seu domínio mas sujeitou-os à sua cultura, porquanto a

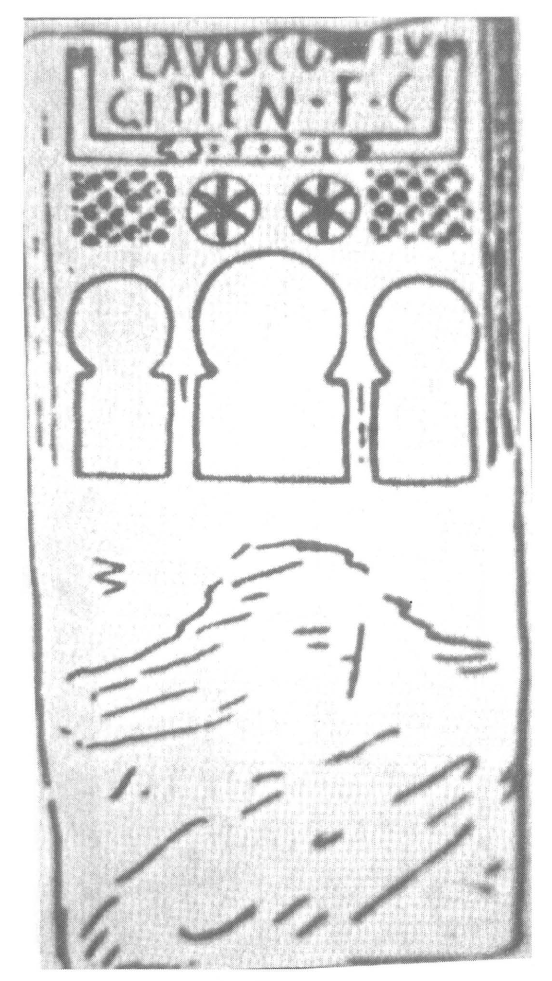


Figura 4
Estela votifva à mulher de Flávio

estrutura nómada deste povo, não permitia que a tivessem. Povo que se arrasta ao longo da Europa desde a Groenlândia, em convulsões sucessivas de guerras sangrentas, traz consigo a tenda que o tapa da chuva e elementos de virilidade guerreira nos alforges do seu cavalo, feitos de metal, de pedras preciosas, de couro, com uma mistura de simbologias que traduzem o seu contacto com outros povos, com outras religiões, no longo caminho de gerações, até chegar à península.

No entanto, na segunda metade do séc.VI as tropas de Justiniano trouxeram à península o prestígio da

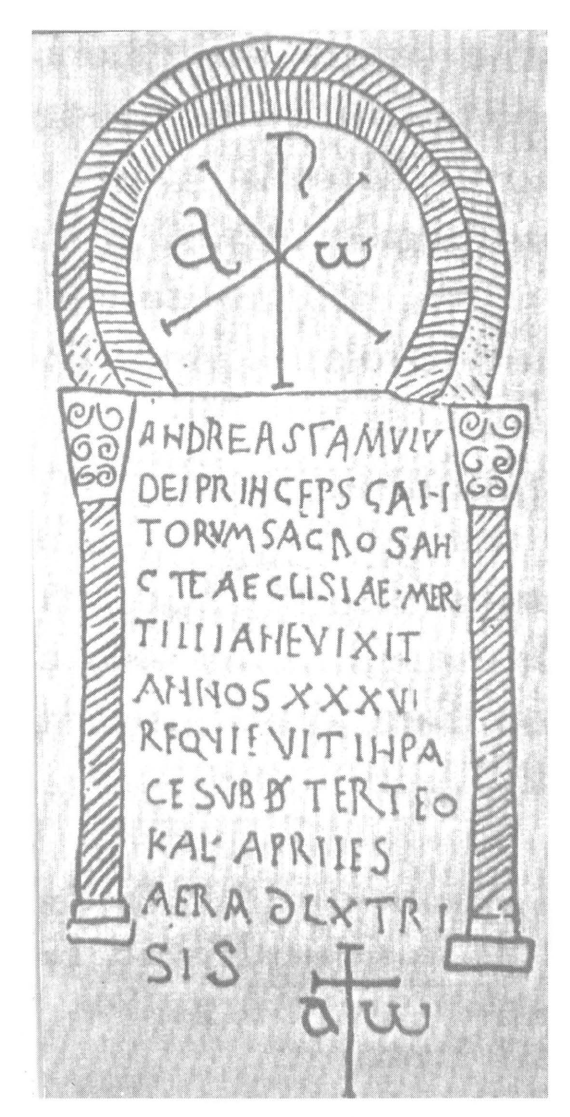


Figura 5
Estela encontrada em Mértola

grandiosa arte bizantina e fizeram com que a poderosa civilização dos visigodos convertidos, atingisse o seu apogeu, na segunda metade do séc.VII. De facto com a conversão de Recaredo em finais do séc.VI, termina um período em que, como afirma o Professor Theodor Hauschild «...são de notar variações nas técnicas e no menor cuidado da execução da obra...». Este período visigótico na península, é marcado por uma arquitectura com elementos característicos da península, das artes bizantina, Síria e do Norte de África. Os visigodos contribuem com a sua arte decorativa, fruto do seu nomadismo. O arco de ferradura torna-se portanto constante desta arquitectura, como elemento construtivo já existente na península.

Fernando de Almeida refere»...que o arco de ferradura, característico da arte visigótica, já se via nas construções sírias. Encontra-se na basílica e mosteiro de S.Simero e na de Binbirkalésia...»

Conforme W. Neuss, as colunatas usadas nos templos sírios eram formadas por arcos de ferradura...». Charles Diehl afirma»...foi mérito do visigótico terse servido deste arco para o converter em elemento arquitectónico...».

Na realidade este arco é constante nos poucos templos, da península, que restam deste período, Foi o historiador Quadrado que chamou a atenção para a sua existência em S.Juan de Banos, templo construído por Recesvindo e que atrás referimos, como sendo o primeiro, conhecido daquela época. Destruições quando da invasão muçulmana, ausência de manutenção, reutilização de materiais para outras construções, fizeram diminuir, em muito, o valor patrimonial daquele período da história.

O que se passa fora da Península?

Na realidade não existe em toda a Europa o uso deste arco. O que acontece em Constantinopla, grande centro cultural da bacia mediterrânica?

Quer Constantino, no séc.IV quer Justiniano no séc.VI, ambos intimamente ligados a S. Sofia, não utilizaram este arco. O segundo, ao reedificá-la, depois do último incêndio, usou a arte dos arquitectos gregos Anthemios e Isidoros. Este arco não foi usado tendo mesmo em atenção que,desde o tempo de Constantino, havia ligações periódicas entre Constantinopla e a Península.

A arquitectura bizantina recorre à decoração para cobrir uma anatomia estruturalmente pobre, ela perde o culto da forma humana harmoniosa e flexível, esquece a estatuária. É o triunfo do génio decorativo sobre o espírito plástico da arte grega.

Emile Brehier escreve a este propósito»...a nova capital do Império era pouco favorável aos estudos filosóficos: o neoplatonismo morre com toda a filosofia e toda a cultura grega: os séc.VI e VII são os momentos de grande silêncio...». Lembremo-nos que a religião cristã não pode ser motivo para que se ex-

clua este elemento construtivo, de linhagem pagã, da arquitectura, porque ela foi impregnada por esta simbologia. segundo Alfred Foucher, se bem que as fontes de inspiração da arte grega-budista (figura 6) sejam controversas, parece ser de atender que a solidariedade estabelecida entre a escola de Gandhara (berço desta arte) e as escolas contemporâneas de Antióquia, Palmira e Susa, é notória. Houve certamente uma interligação entre a Índia e a arte helenística do Oriente através, pensamos, da Estrada da Seda e da Estrada Real que, como sabemos, vêm até ao Crescente Fértil. Petra e Palmira são grandes centros, charneiras entre o Oriente e o Ocidente e naturalmente responsáveis pelo intercâmbio de culturas.

A Índia estava portanto ligada, através das caravanas, a estes centros pelo camelo, meio de transporte importante que aparece no séc.I AC, no Sul da Babilónia.

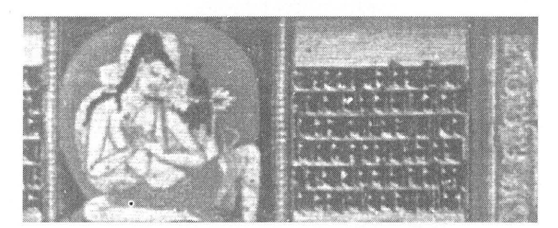


Figura 6
Decoração do manuscrito da Escola de Bengala

Com a seda eram transportados conhecimentos e naturalmente processos e formas de construir sobretudo porque a Índia começava a ter uma vida moral superior, na altura em que os povos do Mediterrâneo ocidental abriam a porta à História.

De facto, os textos técnicos, começando pelo mais completo, o Manazara, enumeram com precisão os diversos aspectos da preparação do arquitecto o qual, para além dos conhecimentos técnicos, artísticos e até psicológicos, tem de possuir conhecimentos religiosos e mágicos (figura 7).

Daí, a permanente ligação com Ahouramazda, revelado como o círculo inteiro do céu, sendo o seu corpo, um corpo de luz, o seu olho, o disco solar.

A mágica e a religião entram na arquitectura indu como elementos de concepção. Daí a constante utilização do círculo, do disco solar e o desenvolvimento da técnica da cúpula pelos Medas que, sete séculos

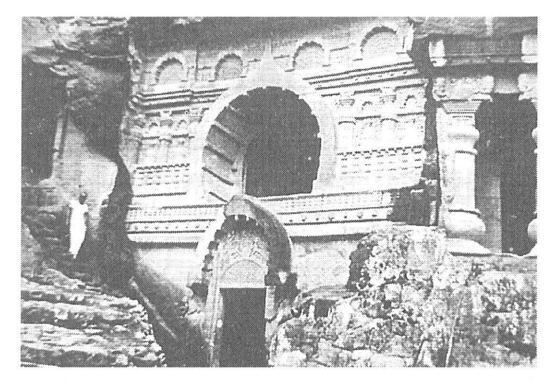


Figura 7
Nasik - Santuário - séc.II

A.C., se acolhiam nos planaltos do Irão e recebiam as influências do culto indu. O círculo é o sinal da unidade principal, indicando a actividade e os movimentos cíclicos (figura 8).

Assim, a arquitectura e a urbanística indu não podem esquecer esta temática vinda da religião e da



Figura 8
Siva dançando

mística e, por isso, desde muito antes de Cristo, a forma circular foi usada nas construções elementares à custa do bambú dobrado, em arcarias de madeira, esculpida na pedra, nas cavernas dos santuários (Chaitya) ou nos mosteiros(Vihara) e finalmente a partir da dinastia Maurya, em 250 AC, no reinado do rei Açoka, este arco de ferradura denominado Kudu, faz parte do seu palácio em Pataliputa e das stupas, monumentos votivos.

De regresso à península, podemos verificar que o baptistério de «Mar Ya Qub», na Mesopotâmia, talvez seja o templo onde se encontra o primeiro exemplo deste arco,f ora da Índia. Encontramos outros exemplos em Ruwayka que Butler diz ser do séc. VI e outro na Síria, na igreja de Dana. Este arco é ainda encontrado na Ásia Menor, nas ruinas da igreja de Khoja-Kalesi, na antiga província da Isauria, na qual a ábside tem este arco com 4,0 metros de vão. Encontramo-lo também na Capadócia, na Arménia e na Sicília. Ele aparece como elemento pontual em todo este percurso o que talvez leve Fernando Saldanha a afirmar que foi pela Síria que chegou ao Ocidente o enorme reflexo das artes do Irão e da Índia, influenciadas por uma religião sem imagem onde os símbolos têm de exprimir a divindade. Admito desta forma que este elemento construtivo tivesse entrado na Península por via marítima e pelas mãos dos sírios que aproveitando conhecer o mediterrâneo e até a península, emigravam das suas montanhas e se estabeleciam neste canto ocidental da Europa. Para Hauschild existem na península abóbadas de tradição oriental, cronologicamente mais antigas que as encontradas em Itália, o que bem prova que os caminhos para a península foram vários tendo sido o marítimo, muito importante.

Um outro povo nómada, constituído por castas diversas, de etnias diferentes, de cultos múltiplos que as guerras e as lutas pela sobrevivência não permitiam que tivessem uma unidade para além do deserto que partilhavam, soube Maomé aglutinar com a sua doutrina e com ele criou um império. Estes homens que possuíam uma civilização rudimentar, uma religião primitiva, uma sociedade tribal, que viviam o deserto e que sofriam nele a nostalgia do imenso infinito da areia, trazem consigo a poesia, a música, a estética da arte que se traduz no geometrismo da forma que não tem princípio e que nunca acaba, como o mundo onde vivia e que se mistura num envolvimento infinito com a caligrafia. É a sensibilidade deste muçulmano que, a partir de 711 e durante séculos transforma este arco de ferradura (figura 9), que o visigodo soube sistematizar na península, num importante elemento da arquitectura que criou, no mundo que governou (figura 10).

Bibliografía

Torres Balbás, L. *Ciudades Hispano-Musulmanas,* Instituto Luso-Árabe de Cultura. 1985, vol.1.

Choisy, A. *Histoire de l'Architecture.* Editions Vincent. Freal C.IE, 1964, vol.1.

Monteiro, M. S. Frutuoso. *Uma Igreja Moçarabe.* Arquivo Distrital. Braga, 1939.

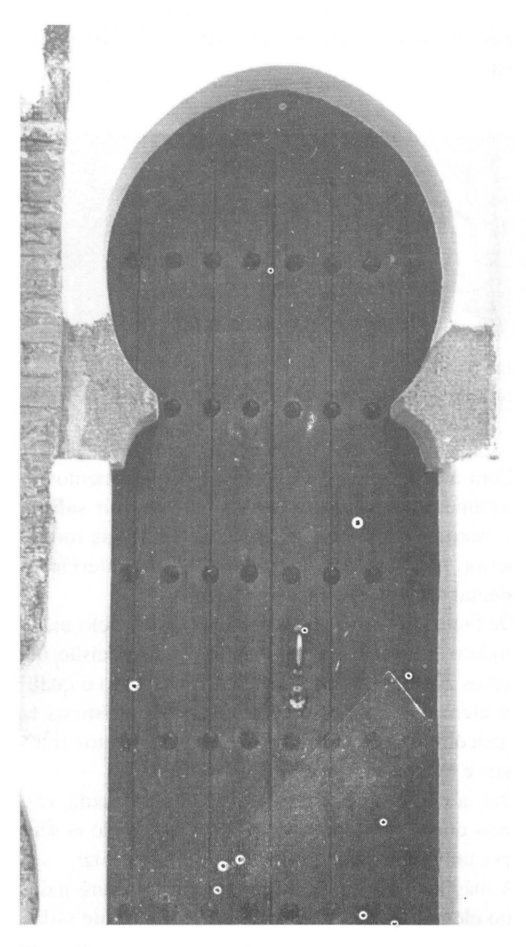


Figura 9
Porta da Mesquita de Mértola

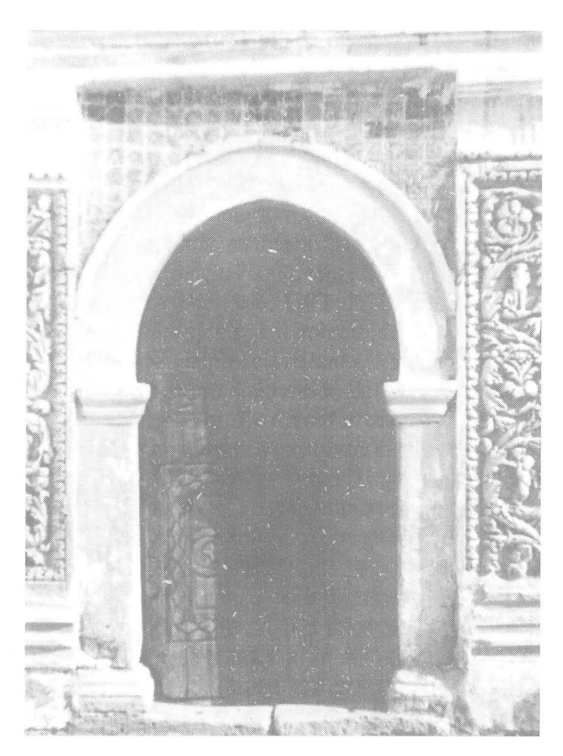


Figura 10
Construção na actual Libia

Creswell, K.A.C. *Compêndio de Arquitectura Paleo Islamica.* Public. Universitad de Sevilla, vol.1.

Gomes-Moreno, M. Retazos. *Ideas sobre Historia, Cultura y Arte.* Cons.Sup. Invest.Científicas ,1970.

Saldhana, F.; A. A. Silva. *Arte Visigótica em Portugal.* Tese Doutoramento. Faculdade de Letras de Lisboa, 1962.

Hauschild, T. II *Reunion d'Arqueologia Paleo-Cristiana.* Universidad Barcelona, 1982.

El concilio de Trento y las condiciones acústicas en las iglesias

Juan José Sendra Salas
Jaime Navarro Casas

Los primeros cristianos construyeron sus iglesias tomando como modelo la basílica romana. Sus armoniosas proporciones, sus techos de madera, no excesivamente altos y la ausencia de grandes paños de muros ciegos y desnudos, contribuyeron a unas buenas condiciones acústicas interiores, lo cual debió de resultar muy favorable a lo que, en aquella época, constituían las principales preocupaciones de esas comunidades: la conversión de grandes cantidades de personas, la propagación de la fe y la enseñanza de la religión cristiana.

En la Edad Media, el armazón de madera de la cubierta ardió en muchas iglesias. Esto motivó que los constructores románicos se planteasen una forma de cubrir sus iglesias más duradera y más resistente al fuego. La solución fue la adopción de una arquitectura abovedada, con una estructura fundamentalmente pétrea. Esta decisión comportaba, entre otras, una grave alteración de las condiciones acústicas. La sustitución de los techos planos de madera de las primeras basílicas cristianas —absorbentes, elásticos, difusores— por las bóvedas pétreas de la iglesia medieval —reflectantes, de dura superficie, focalizadoras— supuso un grave paso atrás en las condiciones acústicas de los templos. La transición de la pesada iglesia románica a la esbelta catedral gótica agravó aún más esos problemas acústicos.

En las iglesias del primer Renacimiento no se logra una sustancial mejora de la acústica, a pesar de que las proporciones resultan más adecuadas para ello. En el que sería el primer tratado del Renacimiento: *De Re Aedificatoria*, escrito por Alberti a mitad del siglo XV, este arquitecto expresa con claridad que, en contraste con la basílica, las iglesias deben estar abovedadas, dada su dignidad y su mayor garantía de perdurar en el tiempo. Esto no significa que Alberti ignorase los efectos beneficiosos de los techos de madera y los perniciosos de las bóvedas, para las condiciones acústicas; otras partes de su tratado testifican que sí los conocía; simplemente, en su opinión, y en la de su generación, el problema acústico en las iglesias no constituía una prioridad.

SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XVI: CONCILIO DE TRENTO

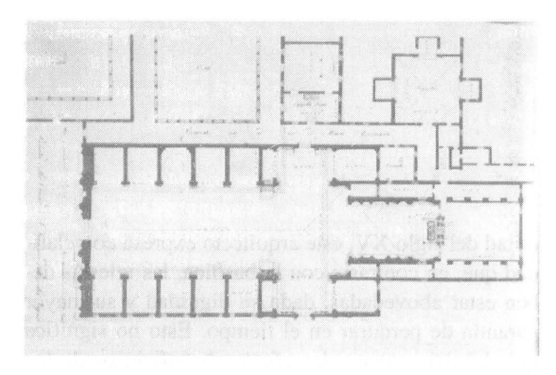
El cambio sustancial sobre la consideración del problema acústico en las iglesias se produciría en la segunda mitad del siglo XVI, condicionado por las determinaciones del concilio de Trento[1] y por la importancia que éste concedió a la predicación, como instrumento al servicio de la Contrarreforma, lo cual, en palabras de Ackerman, «estimulaba la búsqueda de un diseño acústico efectivo».[2]

En dicho concilio se produjo una oposición frontal al principio puramente esteticista que servía de apoyo a la planta central del Renacimiento, fijando un tipo de iglesia contrarreformista de una sola nave, atendiendo a la necesidades del culto católico.[3]

Presentamos a continuación, cuatro importantes documentos de ese período reformador que atestiguan cómo se relacionaba el problema de la cubierta

de la iglesia con las condiciones acústicas en su interior. El primero en el tiempo es franciscano; los otros tres son jesuitas.

El documento franciscano recoge las advertencias dadas por Francesco Giorgi (o Zorzi) a los constructores de *San Francesco della Vigna* (figura 1), proyectada en Venecia por Sansovino, en un memorándum fechado en 1535, por consiguiente, una década anterior a la celebración del concilio de Trento.[4]



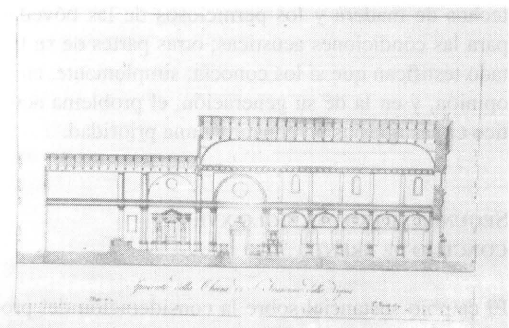


Figura 1
Planta y sección de la Iglesia de *S. Francesco della Vigna* de Venecia.

De él extraemos las líneas siguientes que se refieren a la valoración acústica de la iglesia que hace Giorgi (docum. 1), y a sus recomendaciones en este sentido:[5]

Documento 1: Memorándum de Francesco Giorgi para *S. Francesco della Vigna*. 1 de abril de 1535. Fragmento.

> También recomiendo que todas las capillas y el coro se cubran con bóvedas, ya que las palabras y cánticos del sacerdote resuenan mejor que bajo un techo de vigas. Pero para la nave de la iglesia, donde se predicará el sermón, recomiendo un techo plano (para que la voz del predicador no se pierda y no resuene desde las bóvedas). Me gustaría que dicho techo estuviese artesonado, y que tuviera tantos cuadrados como fuera posible, con sus medidas y proporciones correctas; dichos cuadrados deberían tratarse hábilmente con pintura gris, un color que nos parece agradable y más sobrio y duradero que otros. Recomiendo este artesonado, entre otras razones, porque resulta muy conveniente para la prédica; los expertos lo saben perfectamente y la experiencia se encargará de demostrarlo.

En realidad, Giorgi estaba distinguiendo en la iglesia lo que, cinco siglos más tarde, el físico inglés Bagenal definiría como condiciones acústicas propias de las cavernas, acordes con las necesidades de la interpretación musical y del canto religioso, y condiciones acústicas que se dan al aire libre, más adecuadas para la escucha de la palabra.[6] Esto no ha de resultarnos extraño en una orden religiosa como la franciscana, tan preocupada desde sus orígenes por los problemas de la predicación, anticipándose así a los ideales contrarreformistas, y en una ciudad como Venecia, donde tan brillantemente se habría de desarrollar la música, en general, y la música religiosa, en particular.

La afirmación que Giorgi realiza de que los casetones del techo resultarán sumamente convenientes para la prédica, revela un cierto conocimiento de acústica y, en concreto, de los principios de la difusión del sonido.

Si bien las recomendaciones de Giorgi sobre las proporciones de la iglesia fueron aceptadas por Sansovino, por el contrario, el falso techo plano y artesonado que proponía para la nave nunca se edificó por razones que desconocemos. En su lugar, las vigas de la cubierta se taparon, más tarde, por una falsa bóveda (figura 1).[7]

Los otros tres documentos que hacían alusión a la importancia de la cubierta en las condiciones acústicas de la iglesia, coetáneos en el tiempo, son de los jesuitas, orden religiosa de reciente fundación por aquella época, que jugó un papel muy activo en el Concilio, y que valoraba especialmente la acústica de sus iglesias.

Uno de estos tres documentos se refiere, precisamente, a una iglesia española: la primera iglesia jesuítica en Madrid, inaugurada en 1557 por Felipe II, trazada por Bartolomé de Bustamante y, desgraciadamente, desaparecida.

En ese documento, fechado en 1569, reproducido por Rodríguez Gutiérrez de Ceballos[8] (docum. 2), el entonces padre provincial de Toledo, Gonzalo González, escribe una carta a Roma al prepósito general de los jesuitas, S. Francisco de Borja, alabando las excelentes condiciones acústicas de la iglesia citada, a pesar de su amplitud (38 m. de largo y 11 m. de ancho), atribuyendo este comportamiento a la cubierta de madera. Acaba la carta expresando su desconcierto por no cubrirse siempre así las iglesias, por la economía que ello supone y porque se puede gozar así de los sermones, en vez de con bóvedas que son la causa de una deficiente inteligibilidad.

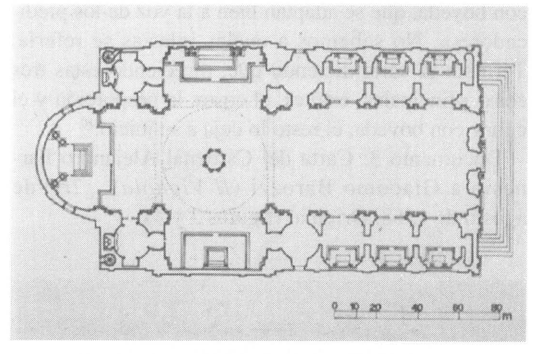
Documento 2: Carta del P. Gonzalo González al P. Francisco de Borja. Características de la iglesia de Madrid. Madrid 7 de julio de 1569. Original.

> Está la iglesia embarazada con que la enladrilla el P. Rector, y quedará su iglesia muy linda y el más lindo auditorio de Madrid, con ser de largo de ciento treinta y tres pies, y de ancho que quarenta. Más por ser la techumbre de madera se oye en todas partes, que yo no sé porqué no se usan las iglesias desta techumbre, pues es más barato y se gozan los sermones, y en las de bóvedas veo que nunca se oye en la media iglesia ni se entiende; deseo saber en esto la voluntad de v.p. y su parecer.

En otra carta fechada un poco antes, en 1568, el padre Saavedra escribía a S. Francisco de Borja expresándole cuántas personas iban a esta iglesia a oir los sermones del padre Juan Ramírez, uno de los principales predicadores del siglo XVI (según su testimonio no cabían en el templo a pesar de su tamaño).[9]

El segundo de los documentos jesuíticos se refiere a su iglesia-madre en Roma: *Il Gesù*, el gran templo de la Contrarreforma proyectado por Vignola (figura 2). Esta iglesia se edificó a iniciativa del Cardenal Alejandro Farnesio que se comprometió ante la Compañía a financiarla, en 1561. Los jesuitas, y más concretamente el padre Tristano, hombre de confianza de S. Francisco de Borja, que ocupó el puesto de *consiliarius aedificatorium* de la Compañía de Jesús hasta su muerte, presionaron sin éxito al Cardenal para que cubriese con techo plano de madera, en vez de con bóveda de cañón, precisamente por razones acústicas.

El documento, al que hacíamos alusión anteriormente, es una carta del cardenal Alejandro Farnesio a Vignola, fechada en agosto de 1568, después de haber puesto la primera piedra de la iglesia. En ella se pone de relieve las diferencias de criterio sobre la construcción del *Gesù* entre el cardenal y los jesuitas, tras una reunión celebrada en Caprarola entre Farnesio, Tristano y el padre Polanco (este último, secretario de la Compañía).



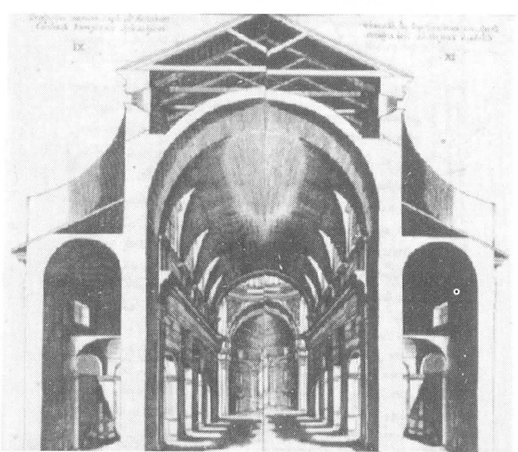


Figura 2
Planta y sección interior de la iglesia de *Il Gesù* de Roma.

En la mencionada carta (docum. 3), el Cardenal, después de pedirle a Vignola que no se exceda de la cantidad presupuestada: 25.000 escudos, y de exigirle que la iglesia esté bien proporcionada, de acuerdo a las buenas reglas de la arquitectura, le indica que la iglesia no ha de tener tres naves sino una sola, con capillas a ambos lados, cubierta con bóveda, y no de otro modo, aunque los jesuitas crean que eso dificultará la predicación. «Ellos piensan que la voz resonará de modo ininteligible a causa del eco ...» (más que con techo plano de madera) «... aunque esto a mí no me parece probable, por el ejemplo de lo sucedido con otras iglesias de aún mayor capacidad cubiertas

con bóveda, que se adaptan bien a la voz de los predicadores». No sabemos a cuáles iglesias se refería. Termina la carta diciendo que, ofreciendo estas tres cosas principales, esto es, el costo, la proporción y el cubrir con bóveda, el resto lo deja a su juicio.[10]

Documento 3: Carta del Cardenal Alejandro Farnesio a Giacomo Barozzi (*Il Vignola*). ¿26? de agosto de 1568. Original (figuras 3 y 4).

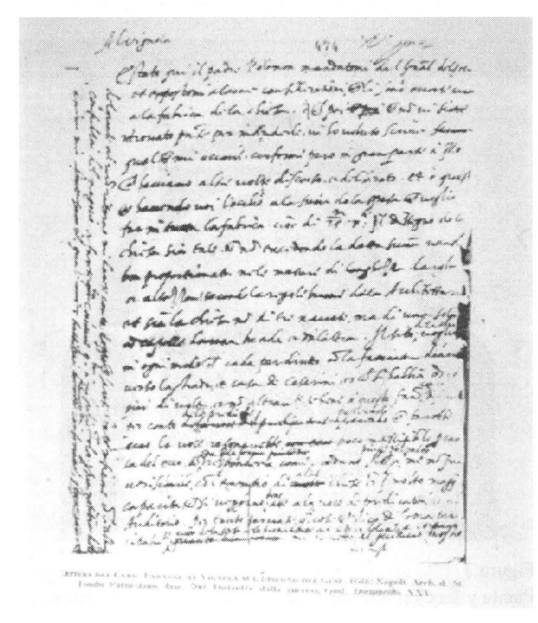
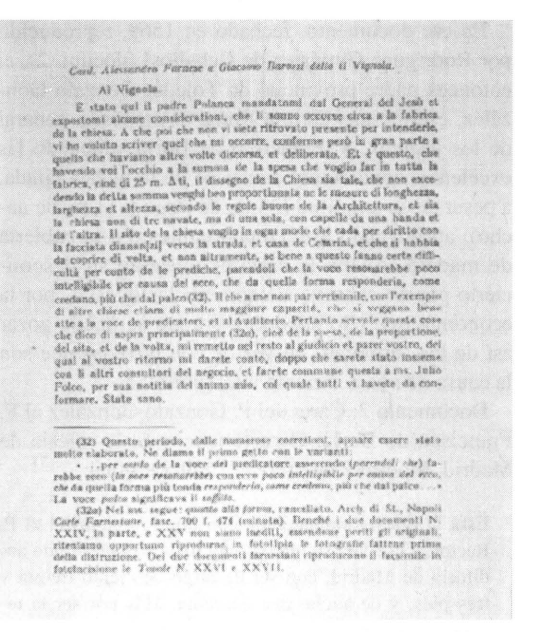


Figura 3



Card. Alessandro Farnese a Giacomo Barozzi detto il Vignola.

Al Vignola.

E stato qui il padre Polanca mandatomi dal General del Jesù et expostomi alcune considerationi, che li sonno occorse circa a la fabrica de la chiesa. A che poi che non vi siete ritrovato presente per intenderle, vi ho voluto scriver quel che mi occorre, conforme però in gran parte a quello che haviamo altre volte discorso, et deliberato. Et è questo, che havendo voi l'occhio a la summa de la spesa che voglio far in tutta la fabrica, cioè di 25 m. Δti, il dissegno de la Chiesa sia tale, che non excedendo la detta summa venghi ben proportionata ne le misure di longhezza, larghezza et altezza, secondo le regole buone de la Architettura, et sia la chiesa non di tre navate, ma di una sola, con capelle da una banda et da l'altra. Il sito de la chiesa voglio in ogni modo che cada per diritto con la facciata dinnan[zi] verso la strada, et casa de Cesarini, et che si habbia da coprire di volta, et non altramente, se bene a questo fanno certe difficultà per conto de le prediche, parendoli che la voce renonarebbe poco intelligibile per causa del eco, che da quella forma responderia, come credano, più che dal palco(32). Il che a me non par verisimile, con l'exempio di altre chiese etiam di molto maggiore capacità, che si veggano bene atte a le voce de predicatori, et al Auditorio. Pertanto servate queste cose che dico di sopra principalmente (32a), cioè de la spesa, de la proportione, del sito, et de la volta, mi remetto nel resto al giudicio et parer vostro, del qual al vostro ritorno mi darete conto, doppo che sarete stato insieme con li altri consultori del negocio, et farete commune questa a ms. Julio Folco, per sua notitia del animo mio, col quale tutti vi havete da conformare. State sano.

(32) Questo periodo, dalle numerose correzioni, appare essere stato molto elaborato. Ne diamo il primo getto con le varianti:
«...per conto de la voce del predicatore asserendo (*parendoli che*) sarebbe sono (*la voce resonarebbe*) con ecco *poco intelligibile per causa del ecco, che da* quella forma più tonda *responderia, come credono*, più che dal palco...»
La voce *palco* significava il *soffitto*.

(32a) Nel ms. segue: *quanto alla forma*, cancellato. Arch. di St., Napoli *Carte Farnesiane*, fasc. 700 f. 474 (minuta). Benché i due documenti N. XXIV, in parte, e XXV non siano inediti, essendone periti gli originali, riteniamo opportuno riprodurne in fototipia le fotografie fattene prima della distruzione. Dei due documenti farnesiani riproduciamo il facsimile in fotolucisione le *Tavole N.* XXVI e XXVII.

Figura 4

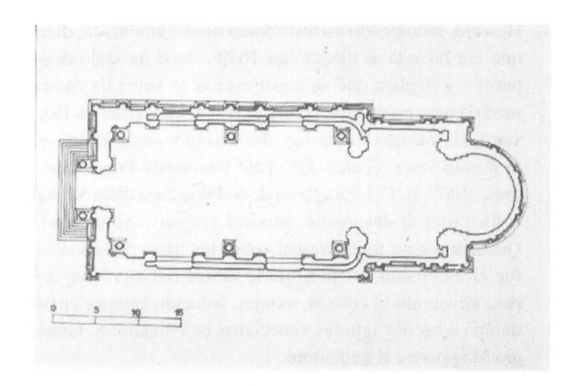
Según Robertson, resulta insólita la decisión del Cardenal, pues se había inclinado por techos de madera para otras iglesias aunque, o bien eran iglesias existentes, o se trataba de pequeñas iglesias, en las que el efecto monumental podría resultar inapropiado.[11] Asimismo, plantea la posibilidad de que fuese Vignola el que convenciese al Cardenal de lo erróneo de los argumentos acústicos en favor de los techos planos, frente a la bóveda.[12] A nuestro entender, esta última hipótesis no se ajusta bien al texto de la carta. Finalmente, concluye que «lo sucedido con Vignola e *Il Gesù* conduce a una caída de la popularidad de los techos planos de madera en las iglesias romanas, después de ese período».[13]

Lo cierto es que Vignola reprodujo allí la antigua bóveda de cañón que Alberti había utilizado en *S. Andrea de Mantua*, si bien, en opinión de Murray, «a fin de satisfacer la necesidad —poco importante en tiempos de Alberti— de predicar frecuentemente a grandes congregaciones de fieles, como se prescribió en el Concilio de Trento, Vignola hizo su iglesia relativamente más corta y más ancha, de modo que toda ella resultara más compacta y más apta a la voz del predicador y al auditorio».[14]

Por el contrario, para Moisy, la solución adoptada finalmente para *Il Gesù* «representa un compromiso entre Vignola y Tristano; si éste último hizo prevalecer su opinión en la disposición de la nave única, que le era familiar, hubo de renunciar a la cobertura por techo plano, que defendía por razones de buenas condiciones acústicas».[15] Para este autor hubo, pues, concesiones recíprocas entre los dos arquitectos italianos.[16]

La preferencia de Tristano por los techos planos de madera, entre otras razones por consideraciones acústicas, también aparece documentada, referida además a otra de las iglesias jesuíticas claves de la Contrarreforma, relacionada con la figura del cardenal Borromeo: la iglesia de *S. Fedele* de Milán, proyectada por Tibaldi (figura 3).

El padre Pirri relata así lo sucedido con el proyecto de esta iglesia y su cubierta:[17]



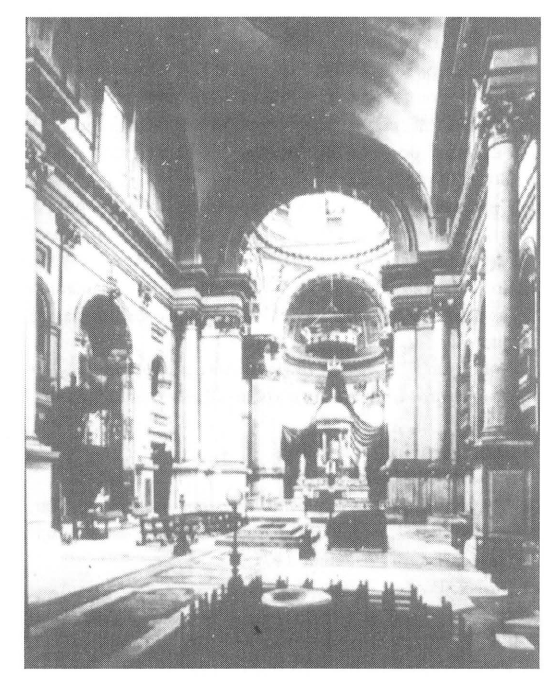


Figura 5
Planta y vista interior de la iglesia de S. Fedele de Milán

También la cubrición con superficie plana era una norma que respondía a los criterios personales de Tristano. Tenemos una prueba en una carta de Leonetto Chiavone, rector de la casa profesa de Milán, a Benedetto Palmio, a propósito del diseño de Pellegrino Tibaldi para la iglesia de S. Fedele de dicha ciudad. En esta carta los jesuitas de Milán se preguntaban por la suerte que correría el proyecto en Roma, porque conocían los prejuicios de Tristano sobre las construcciones abovedadas con ábside curvo.

La causa de esa preocupación era la deficiente inteligibilidad a causa del eco que podía producirse. Lo expresa así la carta, de la cual reproducimos la parte más importante del texto que hace referencia a esta inquietud (docum. 4). Este es el tercer documento jesuítico que presentamos, fechado el 16 de diciembre de 1567.

Documento 4: Carta del P. M.º Lionetto Chiavone al P. Benedetto Palmio. Milán, 16 de diciembre de 1567. Fragmento del original.

> Si crede che'l nostro M.º Giovanni non potrà far di non lodar il disegno, anchorché alcuni di qua dicono che non gli piacciono le chiese tonde, parendogli specialmente che impedisca la voce per l'Echo, et però si dubitano che metta qualche difficultà. Se così sará (che nol credo) V. R. gli potrà dir che questo Architetto l'assicura, che questa chiesa è in miglior forma che si possa desiderar per predicare, et che non impedirà punto la voce, sì per essere interrotta in molti luoghi, come per li molti fori che haverà: et io ho provato nella chiesa sopra detta che è più piccola, et non rimbomba punto. Nel resto non credo se gli possa opporre qualsivoglia minima difficultà, poiché et la comparatione de'disegni et delle chiese fatte ci mostrano in fatti essere il megliore disegno che si possa fare.

El mismo padre Pirri nos relata que la respuesta del padre Polanco (secretario de la Compañía), lejos de negar la atribución que se hace a Tristano, no da una explícita conformidad, aunque finalmente se aprobaría con la condición de remediar los temidos efectos del eco por otros medios, sugerencia que el autor atribuye al mismo Tristano.[18]

Como hemos podido observar, estos cuatro documentos citados relacionan las condiciones acústicas de la iglesia con su forma de cubierta. Según Benedetti, «el problema del tipo de cubrición (sic) de la nave estaba en el centro de la polémica en aquellos años».[19]

Conclusiones

El estudio, desde un punto de vista histórico, del problema acústico en las iglesias, revela que éste no fue considerado como tal hasta la segunda mitad del siglo XVI, cuando órdenes religiosas, con clara vocación reformadora, se lo plantearon para mejorar la inteligibilidad de la palabra en la predicación, sobre todo tras la celebración del Concilio de Trento.

De todas esas órdenes religiosas, parece ser que fueron los jesuitas los que concedieron una mayor importancia a la acústica de sus iglesias o, al menos, es de quienes más documentos se conocen que acreditan esa preocupación.

Los sucesivos *consiliarii aedificatorium* de la Compañía de Jesús incidieron en dos aspectos fundamentales para lograr unas adecuadas condiciones acústicas en sus iglesias: la forma de cubrir la nave, decidiéndose con claridad por techos de madera frente a las cubiertas abovedadas; y la iglesia de nave única, que permitía ver y oír mejor al predicador.

NOTAS

1. El Concilio de Trento comenzó sus sesiones en 1545 y las prolongó durante dieciocho años. Afectó a la marcha de la iglesia católica durante cuatro siglos. En él tuvo un papel muy activo la Compañía de Jesús que S. Ignacio de Loyola había fundado en 1540.
2. Ackerman, J.S. «The Gesù in the Light of Contemporary Church Design» en Wittkober, R. & Jaffé, I. B., *Baroque Art: the jesuit contribution.* Fordham University Press. Nueva York, 1972, p. 19.
3. Uno de los teólogos que más se destacó en la formulación de las nuevas necesidades de la iglesia fue S. Carlo Borromeo, quien escribió un libro sobre la construcción de iglesias: *Instructiones Fabricae et Supellectilis Ecclesiasticae* (1577), fruto del espíritu de Trento.
4. Giorgi era uno de los tres miembros del grupo de frailes franciscanos que tuvo la responsabilidad en la construcción de la iglesia y su administración. El *Dux* Andrea Gritti lo había elegido como experto, por el renombre que éste había adquirido con su tratado *De harmonia mundi totius*, en 1525, considerado por Wittkober como un documento clave de la teoría arquitectónica del siglo XVI, muy acorde con las ideas de Palladio (que 30 años más tarde haría la fachada de esta misma iglesia), Serlio y otros arquitectos del Renacimiento; en Wittkober, R., «El programa platónico de Francesco Giorgi para S. Francesco della Vigna», en *Los fundamentos de la arquitectura en la edad del Humanismo,* Ed. Alianza. Madrid, 1995, pp. 146-150. Trad. de *Architectural principles in the age of Humanism.* Academy Editions, Londres, 1949.
5. Wittkober, en *O.c.,* 1995, Apéndice 1, pp. 197-199, alude a este memorándum, presentando el texto íntegro del mismo, traducido de la edición de Gianantonio Moschini, *Guida per la Città de Venezia*, 1815, I, i, pp. 55-61.
6. Forsyth, M., *Buildings for music.* Cambridge University Press. Cambridge, 1985, p. 3.
7. Howard, recogiendo un testimonio no documentado, dice que esa bóveda se ejecutó en 1630 —casi un siglo después— y explica que su construcción se entendía como medida para protección contra el frío del invierno; en Howard, *D., Jacopo Sansovino, Architecture and Patronage in Renaissance Venice.* Ed. Yale University Press. Londres, 1987[2], p. 173. La iglesia de S. Francesco della Vigna contribuyó al desarrollo musical religioso veneciano. Quizá su rasgo más original sobre los tipos precedentes fue la extensión del presbiterio detrás del altar mayor, para ubicar allí el coro de monjes, solución anterior en el tiempo a las dos iglesias venecianas de Palladio: S. Giorgio Maggiore e Il Redentore.
8. Rodríguez Gutiérrez de Ceballos, A., *Bartolomé de Bustamante y los orígenes de la arquitectura jesuítica en España.* Ed. Institutum Historicum S.I., Roma, 1967, docum. 39, p. 367. ARSI, Hisp. 111, f. 78r.
9. Citado por Rodríguez Gutiérrez de Ceballos, A., *O.c.,* 1967, p. 232, como nota 19 (a pie de página): Carta del P. Saavedra, de 8 de octubre de 1568, a S. Francisco de Borja; IV, 654.
10. Dicha carta y su transcripción aparecen publicadas por Pirri, P. *Giovanni Tristano e Primordi della Architettura Gesuitica.* Institutum Historicum S.I., Roma, 1955, pp. 146, 228-229. En la transcripción se han mantenido las notas a pie de página del P. Pirri, por considerarlas de interés.
11. Robertson, C. *Il Gran Cardinale Alessandro Farnese, Patron of the Arts.* Yale University Press. Londres, 1992, p. 189.
12. Robertson, C., *O.c.,* p. 189.
13. Robertson, C., *O.c.,* p. 189.
14. Murray, P., *Arquitectura del Renacimiento.* Ed. Aguilar, Madrid, 1972, p. 234. Trad. de *Architettura del Rinascimento.* Electra Ed. Milán, 1971.
15. Moisy, P., *Les eglises des jésuites de l'Ancienne Assitance de France,* Tome I: *Texte;* Institutum Historicum S.I., Roma, 1958, p. 365.
16. El historiador jesuita Pirri plantea también las relaciones existentes entre Vignola y Tristano en la obra del *Gesù* de Perugia, esta sí con un bellísimo techo plano de madera casetonado en la nave principal, cuyo autor fue otro artista de la Compañía, el florentino Bartolemeo Tronchi. Las dos naves laterales, sin embargo, se cubrieron con bóvedas. Sobre estas naves laterales, que se apartaban del tipo mayoritario de iglesia de Tristano de nave única con capillas laterales, Pirri sostiene que, probablemente, sean fruto de una ampliación posterior para aumentar su capacidad; en Pirri, P., *O.c.,* p. 131.
17. Pirri, P., *O.c.,* p. 147.
18. Pirri, P., *O.c.,* p. 148.
19. Benedetti, S., *Fuori dal clasicimo.* Bonsignori Ed. Roma, 1993 (=1984), p. 87.

Cúpulas en la arquitectura valenciana de los siglos XVI a XVIII

Rafael Soler Verdú

El presente estudio supone una primera aproximación al conocimiento material de las cúpulas erigidas, en el territorio sometido a la influencia de la capital valenciana, considerada, como foco difusor de las diversas novedades arquitectónicas, a lo largo de estos tres siglos.[1]

En una primera fase, se ha realizado un inventario, basado en una prospección bibliográfica, que ha recogido los testimonios más relevantes acerca de las cúpulas y a su cronología. Es de destacar, no sólo la extraordinaria importancia de alguna de ellas, sino la elevada densidad, ya que se han localizado, en más de un centenar de edificios, casi en su totalidad iglesias (para la ciudad de Valencia se reseña un número de treinta y cuatro).[2]

El estudio que presentamos es una visión esquemática,[3] que recoge aquellos aspectos más relevantes, de las características materiales de las cupulas construidas. No obstante, dicha sinopsis supone una pérdida de información, de matices, por lo que no debe de olvidarse esta circunstancia y recordar que se trata de una síntesis.

El tipo arquitectónico

Con la construcción de la cúpula del Corpus Christi, se implanta en Valencia un nuevo modelo, que supone una importante renovación. Aunque presentan variaciones formales, que pueden catalogarse como de escasa entidad, se mantiene la serie de constantes que dotan al conjunto de la cúpulas estudiadas de una aceptable homogeneidad. Incluso los casos que constituyen una excepción, obligada por su forma, como la Capilla de la Virgen,de planta y directriz elíptica, o por su grandes dimensiones,las Escuelas Pías, (diámetro interior 24.50 metros) responden con las mismas características de técnicas y de materiales, que significa la permanencia de unos rasgos comunes, representa una continuidad, forman parte de la misma cultura arquitectónica constructiva.

El tipo que reproducen, es el de cúpula de media naranja, elevada sobre esbelto tambor apeado, generalmente por los arcos torales del crucero, destacando su extradós esférico, revestido de teja vidriada, generalmente azul y limas blancas. A pesar de su general mal estado de conservación, con patologías importantes relacionados con su condición de cubierta, son escasas las noticias, de grandes fracasos, de hundimientos, de graves problemas constructivos, si los comparamos con la accidentada historia de los cimborrios, antecedentes próximos. Habría que atribuirlo a que es un modelo estructuralmente muy estable, que bajo la acción del peso propio causa empujes mínimos, como recogen casi unánimente los tratados. Recordemos que incluso San Pio V, a pesar de su estado calificado de ruinoso, atribuído a las deficientes características del terreno, tuvo que ser demolido.[4]

Materiales y técnicas

Estereotomía

En nuestra incursión por el mundo de la estereotomía, guiados por los estudios del arquitecto restaurador, Arturo Zaragoza,[5] quedamos fascinados, por las soluciones magistralmente expuestas, del cuatrocientos valenciano.

Resulta paradójico, la enorme difusión del tratado, de Tomás Vicente Tosca y que en cambio, no hayamos encontrado en el ámbito estudiado, cúpulas construídas siguiendo las fórmulas de los tratados de la Montea y Cortes de Cantería. Tan sólo, arcos, entablamentos, tambor, caracterizados por su simplicidad geométrica, y cuando se presentan es como elementos lineales, singulares, insertos en predominantes fábricas de albañilería. No hemos detectado ni pechinas, ni calotas, resueltas con dovelas de piedra, teóricamente definidas desde los principios de la estereotomía. No debe de ser ajena la relativa complejidad, para la definición de las dovelas, que además son distintas para cada hilada, consecuencia de la doble curvatura y la exigencia de una trazas con geometrías regulares y controladas. También pueden ser decisivas otras cuestiones respecto a la necesidad de importantes apeos, cimbras, elementos auxiliares de elevado coste.[6]

Carpintería de armar

No conocemos la existencia, ni la construcción en Valencia del tipo de cúpula «cimborrio de madera» impuesto por fray Lorenzo de San Nicolás, ni tampoco de las cúpulas encamonadas, que posteriormente, Benito Bails difundió siguiendo literalmente, el modelo francés.

En cambio en el crucero del Hospital, de mediados del quinientos, la cúpula ejecutada representa un tipo de calota rebajada de albañilería, con trasdós de cubierta de teja, y que fray Lorenzo recoge muy posteriormente en su *Arte y uso* solución... que es utilizada habitualmente en el entorno castellano. La cúpula, como «cimborio» es citada en las fuentes documentales, del Hospital, constituye un tipo diferente al de los precedentes cimborios góticos y a las cúpulas del modelo escurialense.

La carpintería de armar era una técnica, muy viva en Valencia durante el quinientos, el Hospital General quizás significa su punto de inflexión, y probablemente señala el inicio de su rápida decadencia, aunque es un tema en el que no hemos profundizado.

Albañilería

En el período estudiado, la albañilería se impone sobre las soluciones de cantería y de carpintería de armar. En un dominio casi total desplazará a las anteriores, por razones técnicas, por razones constructivas, pero en nuestra opinión, fundamentalmente socioeconómicas. Aunque hay que advertir que no se trata de un nacimiento, ya que desde hacía siglos, incluso en los momentos de esplendor de la cantería, la albañilería, venía utilizándose, (recordemos las bóvedas de ladrillo «a plec de llibre» del cimborio de la catedral), de manera casi anónima, pero que va adquiriendo paulatinamente un mayor protagonismo, siguiendo su propio camino.

No olvidemos que la construcción no es una cuestión, en sentido estricto técnica, es cultura material, es el triunfo de soluciones, que utiliza escasos medios auxiliares. La versatilidad de la albañilería, permite resolver múltiples elementos constructivos, caracterizados por una gran durabilidad, que emplea materiales abundantes como los cerámicos, la cal y el yeso, que dispone de una mano de obra experta y que está diseñada para incorporar revestimientos, que utilizando asimismo materiales económicos, conseguirá un aspecto formal de gran efecto, que nos llevará a una arquitectura que supera la materialidad.

La tantas veces citada, cúpula de Santa Maria del Fiore, queremos esta vez recordarla como un monumento, edificado gracias a la idea de Brunelleschi, de aplicar el aparejo «en espina de pez», una fábrica que no necesita cimbras, con ladrillos que vuelan, pero sobretodo por su excepcional trabazón.[7]

En nuestro ámbito constructivo las cúpulas, se han volteado con aparejos sencillos y con morteros o pastas de yeso, con características mecánicas insuficientemente estudiadas, que presentan numerosos planos de mínima resistencia. Es muy importante, lo consideramos imprescindible, profundizar en el estudio del conocimiento de la albañilería, determinando los parámetros anteriormente enunciados.[8]

Tirantes y cadenas

Aunque historiadores tan acreditados como Joaquín Bérchez afirman que, «en la arquitectura valenciana de los siglos XVII y XVIII, sabemos que la práctica de zunchar con fuertes cadenas de hierro de anillos de las cúpulas fue frecuente a finales del siglo XVII y principios del XVIII.»[9] nosotros opinamos que el empleo del hierro en forma de cadenas o pletinas para zunchar las cúpulas, es sólo excepcional, incluso cuando hay una voluntad expresa en la fase del proyecto, y así consta en las capitulaciones previas a la ejecución, no está asegurado que realmente se llevaran a la práctica.

Si bien el uso de tirantes para contener empujes, en los arcos y bóvedas es un recurso muy antiguo, es muy conocido que León Batista Alberti, en su libro tercero[10] introduce el concepto de esqueleto resistente, de nervios bien conectados, pero sólo considera indispensables los tirantes, en el caso de arcos de directriz rebajada.

En los tratados del período estudiado, el único que dedica una cierta atención, al empleo del hierro en los sistemas abovedados, es el Arquitectura Civil, de Benito Bails.[11] Recomienda, la colocación de tirantes, para bóvedas, en el caso de que no sean de cantería y cuando estén sometidas a importantes cargas, normalmente de forjado de pisos y es un recurso usado fundamentalmente, como técnica para poder descimbrar con mayor rapidez, ya que los tirantes deben ser innecesarios, cuando el material está ya consolidado. No hemos visto recogida ninguna mención al empleo del hierro en las cúpulas, que como sabemos, es un sistema abovedado, que causa pequeños empujes.

En los sondeos realizados en las cúpulas construídas valencianas, el estado de nuestras investigaciones, es el siguiente :

Respecto a las Escuelas Pías, a pesar de la cita de Zacarés,[12] que describe pormenorizadamente la existencia de elementos metálicos, no hemos encontrado en las catas efectuadas, ni las «veinte barras» situadas según los meridianos, ni los varios «círculos de hierro» dispuestos en los paralelos. Si bien no podemos dar como definitivas las catas puntuales efectuadas, si queremos plantear la duda de su existencia basándonos en los siguentes argumentos:

A. No es muy clara la misión estructural de las barras según los meridianos. El comportamiento adecuado de los zunchos horizontales, según los paralelos, exigiría una compatibilidad entre la pletina y la fábrica de ladrillo, difícil de conseguir, ante las fuertes variaciones térmicas, incluso podría tener efectos contraproducentes, al crear perturbaciones locales. Más probable es que se haya colocado el anillo a la altura del dintel superior del segundo cuerpo, en el momento de levantar la fábrica, lo que no hubiera supuesto ninguna dificultad, aunque es una cuestión compleja de verificar.

B. El mismo Zacarés, al describir la fachada de la iglesia, da como existente un frontón superior, «de ochenta palmos «que no se ha ejecutado. Por lo que las citas de Zacarés parece que hacen alusión a proyectos, que fueron modificados sustancialmente.

En la cúpula de San Pío V, Pérez Castiel había previsto colocar dos cadenas, pero sabemos que no fueron ejecutadas por sus discípulos, que tuvieron que afrontar fuertes restricciones económicas.

En la cúpula de la Compañía de Jesús, tenemos constancia documental[13] de que hay que colocar «un cercol de ferro ab ses pues que vinga entre lo fris y la cornisa posat y encaixat en mig del gruix de la paret...» que se situan en el arranque de la cúpula.

En la Basílica de la Virgen, hay que destacar la presencia de una pletina situada sobre el extradós de la hoja resistente, siguiendo la traza de un paralelo, situado en la parte superior. La hoja interior, bóveda tabicada, teóricamente autoportante, está colgada de la hoja resistente, mediante numerosos tirantes de hierro, que evidentemente no tiene una mision estructural.

Después de la exposición anterior, queremos formular la siguiente pregunta. ¿El uso de pletinas y de cadenas, era muestra de saber constructivo, de aplicación de tecnología avanzada? Tenemos dos respuestas. La primera escogida, es la de Ortiz y Sanz, en 1797, quien opina que la utilización de barras de hierro, para sostener las bóvedas es «refugio de Arquitectos ignorantes ».[14] La segunda respuesta es justamente la contraria, es la que «sueña» con soluciones de bóvedas armadas, como propone Rafael Guastavino, pero esta vía, exige un conocimiento constructivo muy avanzado, resolver el problema de la oxidación del hierro, de compatibilizar las deformaciones, impensable de abordar, en el período de ejecución de las cúpulas que hemos estudiado. Por todo lo dicho, estamos ante una cuestión abierta, que hay que seguir investigando, tampoco hay que descartar el empleo durante el proceso de ejecución y que fueran desmontados. Nosotros pensamos que, en

el plano de arranque de la cúpula, o en la parte alta del tambor, son los puntos con más probabilidad de existencia de cadenas y tirantes.

La calota resistente

Los diseños, de la Academia de San Carlos que hemos tenido oportunidad de examinar, frecuentemente reflejan en las secciones de las cúpulas, la imagen de dos hojas resistentes. En cambio hay una ausencia de detalle, de las posibles conexiones entre ambas, no especificándose, los nervios de refuerzo o de conexión.

En los casos estudiados, se ha observado que lo normal, es el tipo de una hoja resistente.[15] En ocasiones, se dispone de una hoja tabicada autoportante, por el interior, formando una pequeña cámara de aire. Es una buena solución constructiva, que evita que las humedades debidas a un mal funcionamiento de la teja superior afecten al intradós y deterioren su revestimiento.

La afirmación anterior toma mayor fuerza, al haber incluído en el estudio la cúpula de la rotonda de las Escuelas Pías, una de las mayores dimensiones en el ámbito europeo, y cuya estructura resistente es de una hoja, sin nervios, también conviene recordar que la cúpula escurialense es de una hoja.

La Capilla de los Desamparados, también la Iglesia de la Compañía, presentan una variante, la hoja resistente está reforzada por nervios, pero generalmente aunque estructuran el intradós, tienen carácter meramente decorativo.

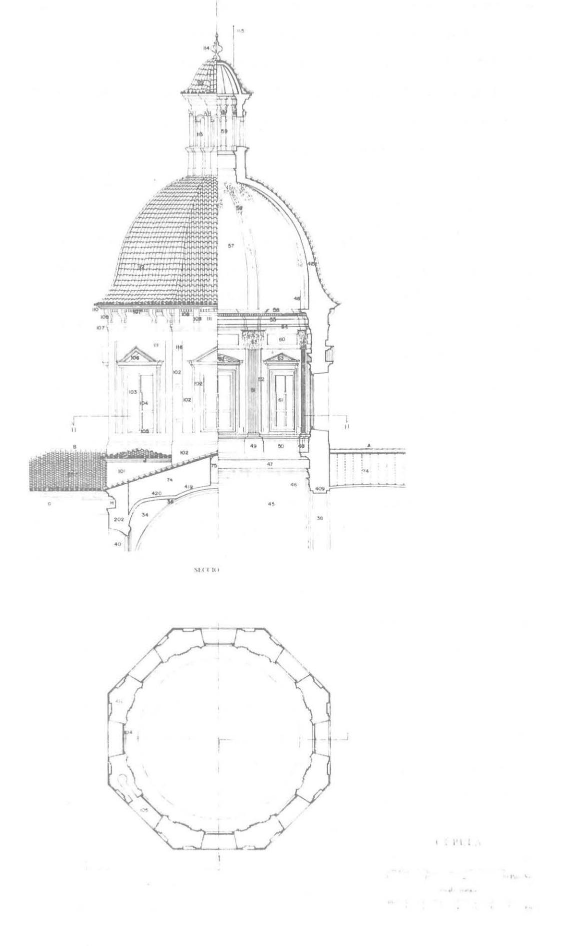


Figura 1

La cúpula como cubierta

Suponer que la cúpula es un caso doblemente particular de un sistema de abovedamiento es cierto, de peculiares características estructurales, resistentes. Pero en cambio es igualmente cierto, y es lo más decisivo, suponer que es un caso doblemente particular de cubierta. Por precisar más, cubierta de una hoja, cubierta de evacuación, que como es sabido son aquellas que, siguiendo los preceptos enunciados por A. Choisy, su inclinación se halla limitada por la doble condición de que la lluvia debe deslizarse por ella, pero sin que caigan las tejas. Si tratamos de aplicar dichos condicionantes, comprobamos que la pendiente de los faldones de la cúpula, es pequeña junto a la cornisa, aumenta casi hasta el infinito, para luego disminuir en su coronación, hasta ser casi horizontal. Incumple ambos preceptos. Hay que añadir que su superficie no es desarrollable y que sus meridianos convergen teóricamente en el centro. En el ámbito valenciano, su revestimiento, no se resuelve con chapas metálicas, que permiten disposiciones constructivas adecuadas, tampoco es de pizarra, que pueden acoplarse al extradós, se revisten con tejas curvas, generalmente vidriadas, lo que añade una grado más de complejidad.

Veamos como se abordan estas cuestiones. La superficie se despieza mediante limatesas, generalmente pareadas, en número habitual de ocho, coincidente con la composición, de ocho lados, división normal aún en casos de tambores de traza circular. La teja se solapa de modo variable en función de la pendiente y su colocación lo hace sobre un lecho de argamasa o yeso y recibida con mortero, es además fijada a través de orificios practicados en la parte superior de las tejas canales, con piezas de madera, proscribiendose la utilización de clavos o ganchos metálicos. La teja vidriada también presenta problemas, por falta de adherencia del vidriado al bizcocho. Cubierta con pecado original, que debe de salvar problemas de diseño de faldones, de correcta colocación, de empleo de materiales compatibles. Los tratadistas más expertos en la práctica constructiva, como Fray Lorenzo de San Nicolás, o nuestro más próximo Fornés y Gurrea dedican extensos párrafos a describir, desde el diseño inicial, hasta el proceso de ejecución correcto, conscientes de su importancia.

EPÍLOGO

Del amplio listado de cúpulas, cuyos rasgos generales, hemos descrito sucintamente, quisieramos hacer una referencia breve a aquellas más significativas:

I. La cúpula del crucero del Hospital General de Valencia,según el historiador de la arquitectura, Joaquín Bérchez,[16] es posiblemente, la primera cúpula sobre tambor del Renacimiento español y también una de las primeras experimentaciones con la traza oval en estructuras cupuladas de ladrillo. Además constituye un ejemplar de un tipo arquitectónico, constructivo, quizás el más antiguo que conservamos,en tierras valencianas, de unos sistemas, de unas técnicas muy olvidadas.

II. El Corpus Christi está considerada, después de El Escorial como la cúpula española más temprana, que utiliza el tipo más característico del Renacimiento, según patrones italianos; la cúpula con tambor, y la forma semiesférica transcendiendo al exterior. El influjo de la obra escurialense también se dejó sentir en la Capilla de Comunión del Carmen, y en la iglesia del monasterio jerónimo de San Miguel, aunque habría que tener presente las influencias locales, cuestión compleja. El estudio realizado, de la tríada anterior, permite avanzar en esas cuestiones.

III. La importancia de la Basílica de la Virgen, reside en que representa una tipología diferente, constituye una singularidad. De planta elíptica inscrita en planta trapezoidal, su fábrica se eleva mediante un falso tambor, resolución híbrida, entre el modelo escurialense y la cúpula panteónica. Su directriz de cúpula peraltada, su bóveda interior, sus características constructivas, su situación cronológica, lo hacen merecedor de una referencia individualizada.

IV. La iglesia de los oratorianos de San Felipe Neri, ha sido relacionada con los preceptos arquitectónicos, difundidos por Vicente T. Tosca, en particular, y con las doctrinas de los «novatores» en general. Su interés aumenta por su temprana adscripción neoclásica, de influencia directa de Roma, representante de las corrientes vignolescas, derivada de il Gesú de

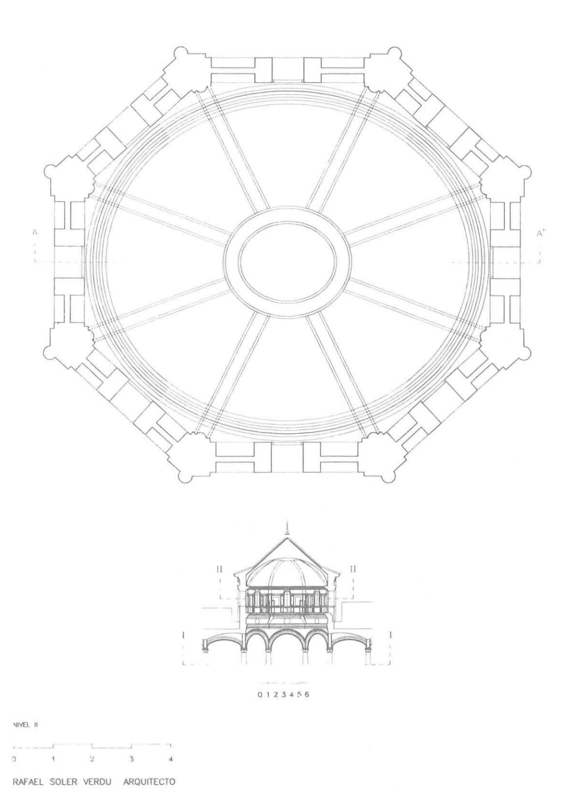


Figura 2

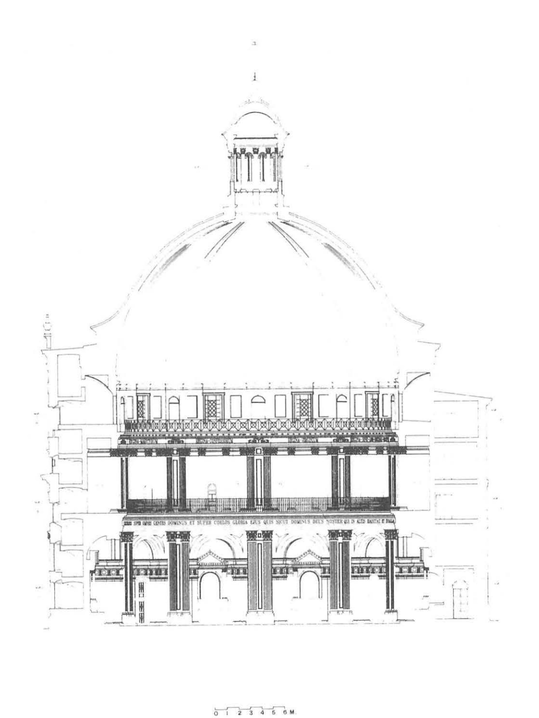


Figura 3

Roma. Servirá de paradigma de numerosas iglesias valencianas.

V. Cerrando el ciclo, ya en el último tercio del siglo XVIII, reflejo de la arquitectura de la Academia, situandonos en el momento final del estudio, tenemos la excepcional iglesia de las Escuelas Pias, tanto por su tipo,planta centralizada, Rotonda, que retoma la cita del Antiguo, de cúpula inspirada, no sólo la planta, también la sección, en el Panteón de Adriano. Hay que añadir otro parámetro que aumenta su interés, sus excepcionales dimensiones, aplicando los sistemas constructivos locales.

VI. Y finalmente queremos aludir al cimborio de la seo valentina, con la intención de plantear el límite inferior, lejano, de las cúpulas. El cimborio de la catedral de Valencia, constituye un antecedente, ilustre por sus excepcionales características arquitectónicas, quizás el mejor ejemplar del gótico meridional. Es de hecho una cúpula, ya que cubre el espacio centralizado del crucero, y se eleva sobre arcos torales y pechinas que ochavan la planta cuadrada. Su audaz estructura, caracterizada por su diafanidad y transparencia de sus paramentos calados, de su esbelto «tambor». Recordemos que, frecuentemente, viejos cimborios han sido sustituidos por cúpulas. El del crucero de la catedral, desde sus inicios, con continuas obras de conservación o de reparación, algunas de extraordinaria importamcia, se mantiene en pie. Y como recuerda Tosca «..., se sustenta dicha fábrica sin más estrivos, no sin grande admiración de los que atentamente la consideran.» entre los que me encuentro.

Bibliografía

Bassegoda Muste B., *La bóveda catalana.* Barcelona. 1947.

Bergos Masso J., *Materiales y elementos de construción.Estudio experimental.* Barcelona. 1953.

Cardellach Alives, F. *Filosofia de las estructuras.* Librería A. Bosch. Barcelona. 1910.

Dalla Negra, R. *La cupola di santa Maria del Fiore. Il cantiere di restauro. 1980.1995.* Instituto Poligrafico e Zecca dello Stato. Roma. 1995.

Giuffre Antonino, *Monumenti e terremoti, aspetti statici del restauro.* Universita degli Studi di Roma. «La Sapienza». 1988.

Moya Blanco L., *Bóvedas tabicadas.* Dirección General de Arquitectura. Madrid. 1947.

Paricio Ansuategui, I. *La construcción de la arquitectura.1 Las Técnicas.* I.T.C.C. Barcelona. 1985.

Rodrigo Zarzosa, C. «Expediente de ruína y derribo de la cúpula de San Pío V». p. 707-710. *Primer Congreso de Historia del Arte Valenciano.* Mayo 1992. Generalitat Valenciana. Conselleria de Cultura.

Rosell Colomina J. «Rafael Guastavino i Moreno: enginy en l'arquitectura del segle XIX». pp.494-522 . A.A.V.V.: *Ciència i Tècnica als Països catalans : una aproximació biogáfica.* F. Catalana per a la Recerca. Barcelona. 1995.

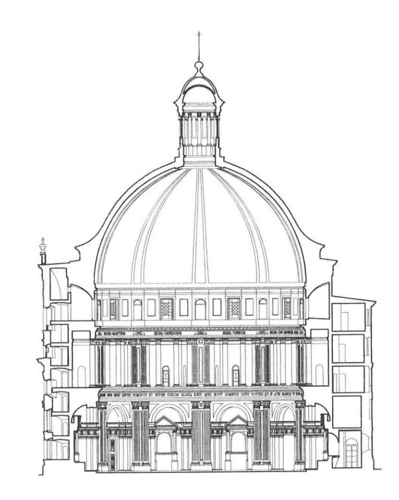
Soler Verdu R. *La cúpula en la arquitectura moderna valenciana. Siglos XVI a XVIII. Metodologias de estudios previos, para las arquitecturas de sistemas abovedados.* Valencia. 1995. Universidad Politécnica de Valencia.

Zacares J .M., «Antiguedades y bellezas de Valencia. Colegio Andresiano e iglesia de las Escuelas Pías», *Revista Edetana,* 1849. XI pp. 497,498.

Zaragoza Catalán A. «El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del Cuatrocientos, Francesch Baldomar y el inicio de la estereotomía moderna». p. 97-105. *Primer Congreso de Historia del Arte Valenciano.* Mayo. 1992. G. V. Conselleria de Cultura

Notas

1. Se ha limitado el área de estudio a las comarcas valencianas próximas a la ciudad de Valencia, a pesar de que para los distintos períodos pueden encontrarse en otros puntos fuera de este territorio ejemplos de realizaciones de cúpulas que se inspiran en los modelos de la ciudad de Valencia, queda justificada esta sectorización por ser el área mas representativa.)
2. Para mayor información, consultar : Soler Verdú, Rafael. *La cúpula en la...,* Op. cit. En el Anexo 4. Inventario de cúpulas valencianas de los siglos XVI a XVIII, se presenta en primer lugar, un listado que recoge a la totalidad de las cúpulas, ordenadas cronológicamente, seguido de una serie de fichas particularizadas de las cúpulas más representativas. Estas fichas se estructuran en los siguientes campos: localización, nombre del edificio, cronología del momento constructivo de la cúpula o del conjunto arquitectónico en el que se incluye y observaciones. Este último campo, recoge aquellos comentarios que han podido extraerse de la bibliografía consultada, los cuales se circunscriben a descripciones sucintas de sus partes,su ubicación en el conjunto arquitectonico y, cuando se conoce, la indicación del arquitecto o maestro de obras que la ha ejecutado. Finalmente, se adjuntan algunos planos que permiten situar la disposición de las cúpulas en el edificio al que pertenecen. Para profundizar más en el tema sería necesario acudir a trabajos monográficos de edificios, si bien éstos no son excesivamente abundantes y no acostumbran a tratar con amplitud la descripción técnica pormenorizada de sus diversos elementos y, en particular, de las cúpulas.
3. El estudio, aunque se apoya en estudios generales, en documentación diversa,de modo particular ha profundizado en las fuentes gráficas, recogidas en la Academia de San Carlos, que constituyen un importamtísimo corpus. Tambien hemos estudiado las capitulaciones y libros de obra que hacen alusiones directa a la materialidad de la construcciónm de diversas cúpulas. La mayor aportación, no obstante, es la toma de datos directa realizado en la serie de cúpulas siguientes : Capilla del Corpus Christi. Convento del Carmen. San Miguel de los Reyes. Basílica de la Virgen. Iglesia de San Felipe Neri. Capilla de Comunión de San Andrés. Iglesia de las Escuelas Pías.
4. El edificio de San Pío V, fue fundado en 1683 por el Arzobispo de Valencia, fray Thomas de Rocabertí. El arquitecto designado fue Juan Bautista Pérez Castiel, fallecido en 1708, las obras las continuan en 1728, Joseph Minguez y Juan Pérez. Su cúpula fue demolida en 1925, con grandes dificultades y ha sido recientemente reconstruída. Los aspectos técnicos de la demolición, se detallan en Rodrigo, Carmen «Expediente de ruína...» opus cit., p.709.



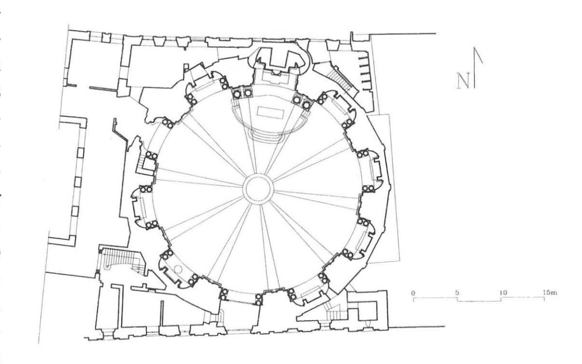


Figura 4

5. Zaragoza Catalán, Arturo. «El arte del corte de piedras...» opus cit., p. 97.
6. Soler Verdu, Rafael. *La cúpula en la...,* op. cit. En el Anexo 5. Las cúpulas y la estereotomía., al analizar el tratado de T.V. Tosca, hemos profundizado en los aspectos que se refieren, a la obtención de las dovelas, a la determinación de los sólidos capaces, al modo de voltear las cúpulas, con la intención de analizar las causas que permitan explicar la escasa aplicación práctica, en el foco que toma como centro a la ciudad de Valencia, de técnicas de cantería.
7. Paricio Ansuategui, Ignacio. *La construcción de la arquitectura.1 Las Técnicas.* I.T.C.C. Barcelona. 1985. La albañilería pp. 67-74. Magistrales reflexiones conceptuales sobre la albañilería.
8. Bergos Masso, J., *Materiales y elementos de constru-*

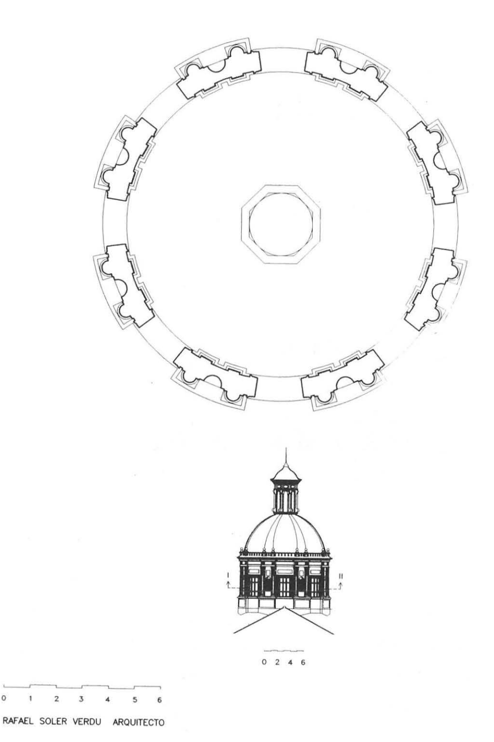


Figura 5

ción.Estudio experimental. Barcelona. 1953.p. 65-104. Queremos reconocer la labor de pionero de Bergós, que realizó numerosos ensayos, sobre las pastas y los morteros, de modo particular de pastas y morteros de yeso.

9. Joaquín Bérchez. «La rotonda de las Escuelas Pías, novedad y tradición». pp. 46 a 76.
10. A. Giuffré en *Monumenti e terremoti,...* opus cit., recoge en la p. 74 la cita de Alberti, del libro tercero «I naturalisti hanno notato che in natura i corpi degli esseri animati risultano strutturati in modo tale che le cosa non restinoin nessun punto staccate tra loro. Allo stesso modo le ossature (murarie) saranno da riunire alle ossatture, ed esse tutte da raforzare nel modo piu opportuno con nervi e legamneti; sicché la successione delle ossature, collegate tra loro, risulti tale da resistere da sola, quand'anche ogni altro elemento venisse a mancare, perfettamente conchiusa nella soliditá della sua membratura» (L. B. Alberti. *De Re Aedificatoria,* Edizioni Il Polifilo. Milano. 1966. p.236)
11. Benito Bails, *Arquitectura Civil,* opus cit. Edificación de las bóvedas. ITEM. 1123 y 1.149.
12. Zacares, J. M., «Antiguedades y bellezas de Valencia. Colegio Andresiano e iglesia de las Escuelas Pías», *Revista Edetana,* 1849. XI pp. 497,498. «corona este tercer cuerpo otra cornisa, y de su plano empieza el arranque de la hermosa media naranja; para cuya ejecución tenemos entendido hubo muchas dificultades que atender, atendido su extraordinario diámetro, y escasos recursos así mecánicos como de metálico, como luego diremos; pero todas supo allanarlas el genio laborioso e inteligente del distinguido director de la obra Don Antonio Gilabert: En primer lugar, para contener el empuje de tan inmensa mole, dispuso un anillo de hierro de peso ciento cuarenta y seis arrobas,dado de pez, aceite de lirios, negro humo y otros ingredientes, que colocó a la altura de los linteles que cargan sobre las columnas del segundo cuerpo; de la cornisa del tercero arrancan veinte barras de hierro de peso de doscientas treinta y una arrobas, que se hallan marcadas en la media naranja por otras tantos fajas blancas pareadas que suben hasta coger el anillo de la cúpula sosteniendo en diferentes alturas varios círculos de hierro de peso de doscientas treinta y seis arrobas, que forman en degradación aquella hermosa concavidad; otro círculo ciñe la linterna dividida así como la iglesia en diez segmentos,...»
13. Contrato para la finalización dde la Iglesia de la Compañía de Jesús de Valencia, del 28 de octubre de 1621, con el maestro Francisco Arboreda. A.R.V. SECCION: Clero, Caja 214, Legajo 96. ITEM XV.
14. «Es lástima ver que muchos de los que construyeron bóvedas de cantería lo hacen solo por practica, y por haber los mas sido canteros. Pero todavía es mayor lástima verles errar los cortes, inutilizar las piedras, o sostenerlas en sus lugares a fuerza de barras de hierro, refugio de Arqitectos ignorantes.» Nota 46 de la traducción de Ortiz y Sanz, de *Los cuatro Libros de Palladio.* 1797.
15. Las cúpulas, debido a sus características geométricas podemos considerarlas como estructuras resistentes por la forma, que frente a las acciones exteriores, se opone a reducir su doble curvatura, lo que le comporta gran rigidez formal. A su comportamiento como membrana, si bien de gran espesor, (tensiones de compresión,tracción y corte), complementariamente la cúpula trabaja a flexión. Es estable bajo cualquier circunstancia de carga simétrica. Las acciones de viento son despreciables, no así las acciones reológicas y sobretodo los de origen térmico. Estas últimas ocasionan unas tensiones varias veces superiores a las acciones de índole gravitatorio. Es una cuestión por lo tanto fundamental considerar que la hoja resistente, debido a su situación externa, solo recubierta por la teja, esta sometida a grandes fluctuaciones térmicas y por lo tanto a inevitables contracciones y dilataciones, causa fundamental de las más graves lesiones, si las dimensiones de la cúpula son ya importantes. Los zunchados, los aros o anillos, pueden provocar perturbaciones locales importantes, si alteran la deformación homogénea de la cúpula.
16. Berchez Gómez, Joaquín. *Arquitectura Renacentista-Renaixentista Valenciana (1500-1570).* Bancaixa. Valencia. 1994. p.92.

El modelo constructivo del patio del palacio de Antonio de Mendoza

Antonio Miguel Trallero Sanz

La ciudad de Guadalajara se encuentra situada en una de las laderas de la meseta alcarreña, justo al borde de la vega del río Henares, sobre unos terrenos formados principalmente por margas y arcillas, con una ausencia casi total de piedra. Los bosques y masas arbóreas, en el siglo XVI eran más abundantes que en la actualidad, aunque ya existían problemas en cuanto a su conservación como lo prueban las Ordenanzas proteccionistas de la época. En cuanto a las especies, éstas eran las mismas que hoy, encinas y en menor medida robles, pinos, de las repoblaciones que ya se efectuaban, chopos y olmos.

Esta población que existía desde la antigüedad, pues en ella se han encontrado poblados de más de tres mil años, comenzó a adquirir importancia bajo la dominación árabe, cultura bajo la que llegó a ser capital de la marca media. y que tras la reconquista cristiana le dejó una muy importante tradición mudejar. La influencia inmediata de la ciudad, se extendía por dos comarcas naturales distintas y a la vez complementarias, la Alcarria y la Campiña, de hecho, su «común de villa y tierra» estaba repartido casi por igual entre estas dos comarcas.

El sistema constructivo tradicional

El sistema constructivo comúnmente utilizado, era el mismo que se seguía en el resto de Castilla, muy influido por la cultura musulmana y matizado por los materiales constructivos disponibles en la zona. Como se ha dicho, en Guadalajara no hay piedra, la más cercana es la existente en las mesetas alcarreñas de Horche, dentro del antiguo común. Esta piedra es del tipo «caliza de páramos», que es una piedra de grano grueso con abundantes coqueras y restos fósiles y heladiza, por lo que, salvo que se seleccione, no permite una talla medianamente fina. Para todos aquellos elementos que precisaban talla, tales como escudos o columnas, la piedra a emplear había que traerla desde la sierra de Tamajón, a unos cincuenta kilómetros de la ciudad, que es una piedra caliza de grano fino, color dorado y sin fósiles. Estos condicionantes determinaron un sistema constructivo casi único que se fue adaptando a las distinta épocas y construcciones, caracterizado por el empleo de muros de carga de tapial y ladrillo, a veces combinado con algo de mampostería de piedra caliza, y forjados formados con vigas de madera y artesonados del mismo material, es decir, un sistema adintelado resultante del empleo idóneo de materiales constructivos «pobres», materiales pétreos, principalmente artificiales, a compresión y maderas a flexión y tracción. El empleo de estos materiales «pobres» ha hecho que sean muy pocas las contrucciones anteriores al siglo XVI conservadas.

El establecimiento en Guadalajara de la familia Mendoza

Los Mendoza eran una familia procedente de Álava que en el siglo XIV se estableció en Guadalajara.

Los miembros de esta familia se distinguieron por su afición a las artes en general y a la arquitectura en particular. En una primera época levantaron edificios típicos de la arquitectura castellana del siglo XV, adoptando posteriormente, a partir de los descendientes del primer Marques de Santillana, el gótico flamígero para sus realizaciones.

Simultáneamente a la construcción de un edificio como el Palacio del Infantado en Guadalajara, residencia de la rama principal de la familia, otros miembros de la misma, principalmente el Cardenal Mendoza, hermano del Duque, y su sobrino el segundo Conde de Tendilla, a través de la amistad del primero con el Cardenal Borjia, y de la embajada del segundo en Italia, se sintieron atraídos con las obras, los estilos y los sistemas constructivos que se estaban empleando allí, adoptándolo para sus construcciones y apoyándose principalmente en un arquitecto con formación italiana, Lorenzo Vázquez. De esta forma se puede considerar a esta familia, o por lo menos a parte de ella, como los introductores del Renacimiento en la arquitectura de Castilla, debiéndose a ellos todas las primeras obras construidas en este nuevo estilo.

Al Cardenal Mendoza se debe la construcción entre otros del Colegio de Santa Cruz de Valladolid, a sus sobrinos, D. Iñigo López de Mendoza, segundo Conde de Tendilla, el Convento de San Antonio de Mondejar, a D. Antonio de Mendoza, su palacio de Guadalajara, a D. Luis de la Cerda, primer Duque de Medinaceli, su palacio de Cogolludo y su hijo, D. Rodrigo de Vivar y Mendoza, primer Marqués de Cenete, el castillo de La Calahorra, aunque el patio de éste fue labrado en Génova, y traído posteriormente a España, donde fue terminado y montado por Michele Carlone y artistas lombardos y ligures colaboradores de éste. Pero mientras el Duque de Medinaceli podía permitirse emplear los mejores materiales e incluso emular al Duque del Infantado, otros como el Conde de Tendilla, en San Antonio de Mondejar, o D. Antonio en su palacio de Guadalajara, ambos sin el poderío económico de los primeros, debían limitarse a emplear los pobres materiales locales.

El palacio de D. Antonio de Mendoza

D. Antonio de Mendoza era hijo de D. Diego Hurtado de Mendoza, primer Duque del Infantado y segundo Marqués de Santillana. Don Antonio edificó sus casas en el solar resultante de la demolición de unas construcciones que poseía en la parroquia de San Gil de Guadalajara. Aunque no se tienen datos documentales, puede establecerse como fechas de su construcción las comprendidas entre 1495 y 1510. Layna Serrano señala como fecha tope de su construcción el año 1508.

Para edificar este palacio no tomó como modelo el palacio que casi al mismo tiempo había construido su hermano el segundo Duque del Infantado para residencia principal de la familia, sino que como se ha señalado anteriormente prefirió las formas clásicas, creando un modelo que tuvo posteriormente una gran importancia. El arquitecto al que se le atribuye esta obra es a Lorenzo Vázquez, arquitecto castellano, vecino de Guadalajara y con formación italiana, quien ya anteriormente había trabajado para la familia Mendoza.

El esquema básico de esta casa es el del palacio español, esquema que determina el *patio* como espacio abierto interior, rodeado y desde el que se accede a todas las estancias. Las diferencias planimétricas de la casa-patio renacentista con respecto de las anteriores surgen de la ordenación axial a la que desde este momento se va tendiendo. Las directrices quebradas que regían las plantas de las construcciones medievales fueron dando paso a los principios axiales y simetrizantes procedentes de Italia. El palacio de Don Antonio, a pesar de tener un carácter puramente renacentista, todavía presenta una axialidad quebrada, quedando el zaguán principal descentrado con respecto del eje del patio. Lo mismo cabe decir con respecto del zaguán de la entrada posterior, configurando entre los dos un esquema en «Z». Sin embargo lo que ya se aprecia es la importancia que adquiere el zaguán como primera estancia de la casa, permitiendo desde la entrada la visión del patio. La escalera principal se sitúa en un lateral del patio, al que se abre mediante dos huecos entre columnas en la planta baja y mediante tres en la alta. Esta es una escalera de tipo claustral, o de planta en «U», con desarrollo de ida y vuelta en tres tramos, con caja abierta y planta simétrica, pero sin existir coincidencia de su eje con el del patio.

Lorenzo Vázquez para el palacio de D. Antonio, empleó las técnicas constructivas tradicionales, es decir muros de carga de tapial y ladrillo, y forjados y artesonados de tradición mudejar, de madera. La dis-

posición de los muros se hace partiendo de los cuatro que constituyen los laterales del espacio que contiene la estructura del patio, situando el resto paralelos a estos, formando crujías paralelas y perpendiculares entre sí. El edificio tal y como lo conocemos en la actualidad, es el resultado al que se ha llegado tras numerosas ampliaciones y reformas realizadas en función de los usos que a través del tiempo ha ido albergando.

El patio del palacio de D. Antonio de Mendoza

El patio central del palacio lo conforma el cajón determinado por los cuatro muros de carga, desde el que se organiza, tanto espacialmente como estructuralmente, el edificio. Su planta es cuadrangular con dimensiones algo mayores en la dirección este-oeste que en la norte-sur, siendo sus medidas, entre las caras interiores de los muros de 21,60 m en la dirección este-oeste, y de 20,00 m en la norte-sur. Perimetralmente, este espacio es recorrido por una doble galería de 3,50 m de anchura, por lo que las dimensiones libres del patio son 14,60 x 13,00 m.

Cada ala del patio cuenta con cinco intercolumnios, siendo mayores los de las galerías norte y sur que los de las este y oeste, teniendo, por lo tanto dieciséis columnas sencillas más cuatro dobles, para las esquinas, por planta, además de las situadas en el arranque y desembarco de la escalera.

El sistema estructural empleado es un sistema arquitrabado puro, tanto en la resolución del plano vertical que delimita el espacio del propio patio, como en la manera de cubrir la galería resultante entre este plano y los muros de carga perimetrales. La solución constructiva dada, es una transposición del sistema constructivo tradicional, de tradición mudejar. Los elementos verticales se resuelven empleando materiales pétreos, que presentan un buen comportamiento a compresión, y los horizontales mediante elementos leñosos que trabajan bien a flexión, pero dotando al conjunto de un marcado carácter clasicista.

Los soportes son de piedra caliza de grano fino procedente de las canteras de Tamajón. Las de la planta baja son más robustas que las de la planta alta y la separación entre ellas es bastante discreta, 2,90 en los lados mayores, de 2,60 en los menores, medido entre ejes. Las esquinas se resuelven mediante columnas dobles formadas por dos semicolumnas, dispuestas de forma que sus ejes formen un ángulo de noventa grados, que se prolongan por su parte posterior, dando una sección en forma de «L». Las columnas, de composición clásica, se apoyan sobre basas áticas. Los capiteles son del tipo que ha venido llamándose *alcarreño* caracterizados por llevar una corona de hojitas en el arranque. Los de la planta baja son todos iguales, y presentan una corona de hojas de roble, un estriado recto y un remate superior de ovas y dardos. El ábaco no es recto sino que presenta escotes de tipo corintio, incluso en las partes apilastradas de las columnas de esquina. Entre los capiteles del piso principal se aprecia cierta variedad pero manteniendo la homogeneidad del tipo. Estos capiteles tienen mayor riqueza escultórica que los de la planta baja, pero compositivamente son menos afortunados. En la corona de estos capite-

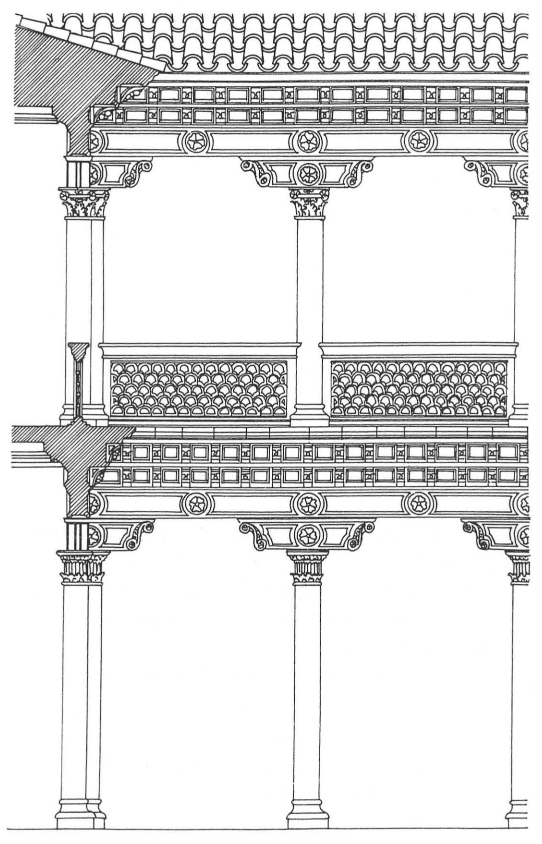


Figura 1
Alzado del patio del palacio de D. Antonio de Mendoza

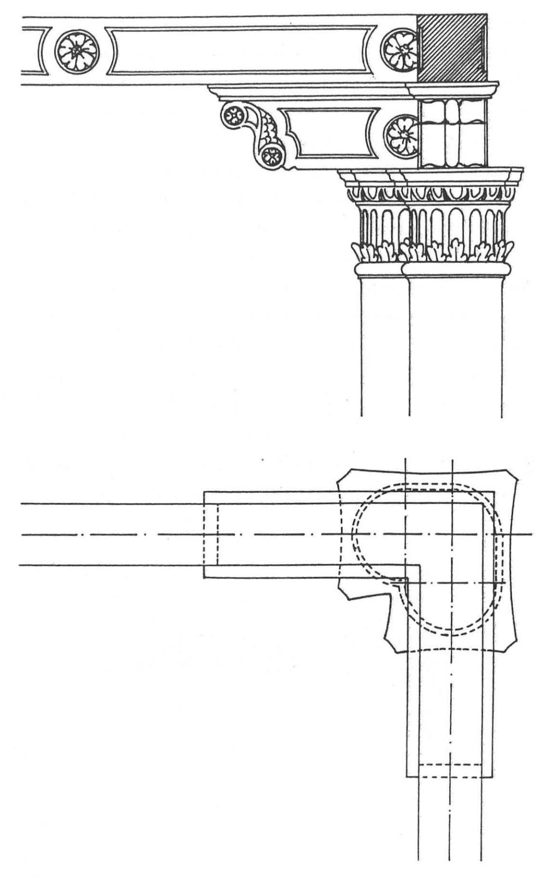


Figura 2
Detalle de columna y zapata de rincón en la planta baja

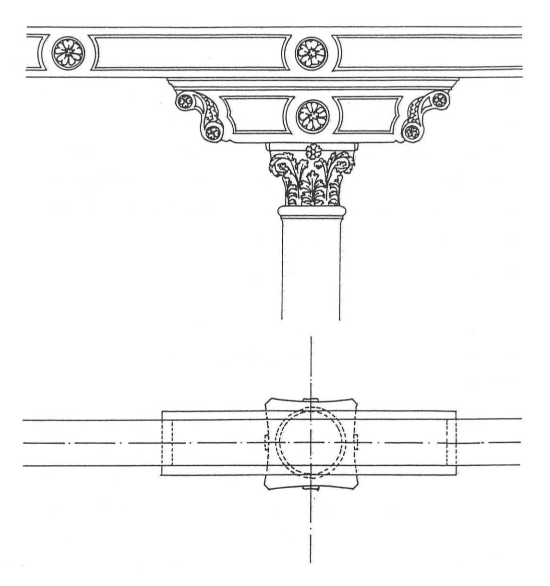


Figura 3
Detalle de columna y zapata de planta alta

les, las hojas son ya de acanto, que se retuercen formando potentes volutas. El estriado ha desaparecido y el ábaco presenta fuertes escotaduras contando además con una flor en cada una de sus caras. Algunos capiteles presentan la variedad de introducir entre las hojas de acanto candelabros con volutas en las esquinas. En el arranque de la escalera existen dos capiteles muy interesantes, en los que las volutas son las colas de unos delfines. Todos estos capiteles, junto con los del palacio de Cogolludo, forman un tipo distinto al empleado en el futuro Renacimiento Castellano, y a diferencia del propio modelo del patio, que tanta difusión tuvo no solo en Guadalajara y en el resto de Castilla, sino también fuera de ella, éstos no salieron prácticamente de Guadalajara, donde siguieron utilizándose, junto con los de tipo toscano, como modelo único, con ejemplares cada vez más sencillos.

Las dos plantas están recorridas perimentralmente por grandes carreras de madera, decoradas con rosetas o tondos coincidiendo con los ejes de las columnas y los intercolumnios, y con unas cenefas marcando los recuadros de los espacios laterales. Entre las columnas y las carreras van colocadas unas grandes zapatas, también de madera, de dos cuerpos, con volutas laterales, donde se repiten los mismos elementos de decoración de las carreras. La altura de las zapatas es de 0,40 m, como las vigas, a pesar de lo cual no da sensación de pesadez. Su longitud es tal que cubre la mitad de la luz entre soportes. Las esquinas se resuelven por medio de unas zapatas en ángulo formadas por dos puntas, de forma que en su cara exterior, la que configura el alzado del patio, aparezca media zapata, aunque en su cara interior, la que da a la galería, su tamaño sea mucho mayor. Sobre la viga de madera van colocados dos órdenes de canecillos de madera con los mismos elementos decorativos que las zapatas, siendo los de la planta superior mucho más volados que los de la planta inferior.

Sólamente se conserva la estructura original del techo de la galería baja, aunque es de suponer que la de la planta alta fuera similar. Esta está constituida

por vigas cruzadas formando artesones, que en el muro interior del patio apoya mediante un durmiente de igual canto que las carreras exteriores. En las esquinas, desde las zapatas parten unas vigas hasta el rincón del patio, siguiendo las bisectrices, que quedan embutidas dentro del artesonado, y que al mismo tiempo que servirle de apoyo, actúa como arriostramiento del conjunto.

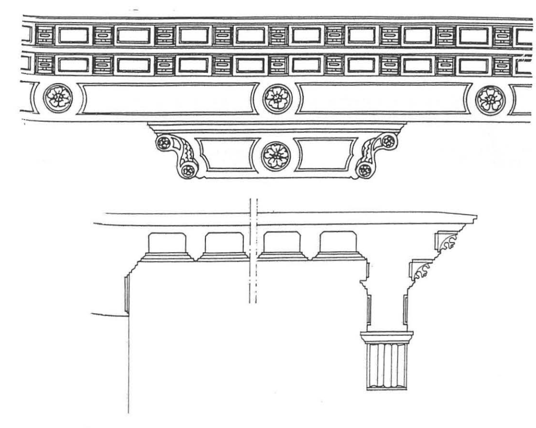


Figura 4
Detalle de entablamento y estructura de galería.

Analogías de este patio con otras construcciones anteriores

No se conserva en la ciudad de Guadalajara ningún patio o galería construida con anterioridad al siglo XV pero sin lugar a dudas no sería muy diferentes de alguno de los conservados en Toledo, como pueden ser los Claustros del Convento de Santa Clara o el del Palacio de Fuensalida, pues del análisis de las construcciones mudéjares conservadas en Guadalajara podemos deducir la gran similitud que guardan con las del ámbito de Toledo.

Tanto los pórticos del claustro de los naranjos y la galería alta del Claustro de los Laureles del Convento de Santa Clara, como las dos galerías del Palacio de Fuensalida, son adinteladas. En ellas los soportes verticales con potentes pilares de ladrillo revocados a los que se les pretende dar aspecto de columnas para lo que en la zona equivalente al fuste se chaflanan las aristas, salvo en las zonas inferior y superior, que hacen las veces de basas y capiteles respectivamente. En los rincones del palacio de Fuensalida y en la galería superior del claustro de los laureles van colocados unos pilares con una sección en «L» de lados desiguales resultantes de la unión de los correspondientes a cada galería. Sobre los pilares van colocadas unas zapatas de madera, que en el caso de Fuensalida cubren la totalidad de alguno de los vanos de la planta baja, y sobre ellas vigas corridas de madera. La separación entre plantas y el alero superior, está formado por canecillos y talero de madera.

Como se puede apreciar desde el punto de vista constructivo no existen diferencias entre el modelo renacentista del patio del palacio de Don Antonio de Mendoza y el mudejar del palacio de Fuensalida.

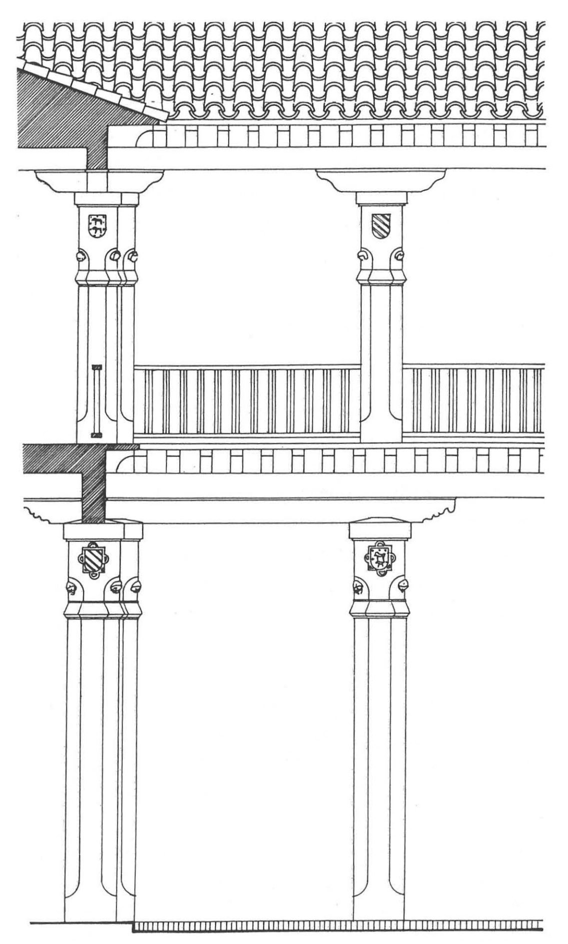


Figura 5
Alzado del patio del palacio de Fuensolida

Características distintivas del patio de Don Antonio de Mendoza

El modelo del patio del palacio de D. Antonio de Mendoza se diferencia de las construcciones anteriores en tres puntos fundamentales:

Empleo de órdenes clásicos. Los apoyos verticales de las galerías no son pilares ni columnas más o menos decoradas con motivos góticos o mudéjares, sino columnas clásicas con basa, fuste y capitel, donde el orden más común es el denominado «Capitel Alcarreño».

Decoración clásica. Los motivos decorativos no son ya los propios del gótico como las ornamentaciones de hojarasca, temas heráldicos, puntas, florones, bolas o conchas, ni los motivos moriscos propios del mudejar, sino que, sin dejar de usar éstos totalmente, se prefieren los motivos clásicos como grutescos, medallones o recercados.

Preocupación por las proporciones. El empleo de cada uno de los elementos, más o menos decorados, ya no tienen únicamente una razón constructiva sino que siempre existe un esquema ordenador arquitectónico, es decir se cuidan las proporciones, con mayor o menor acierto.

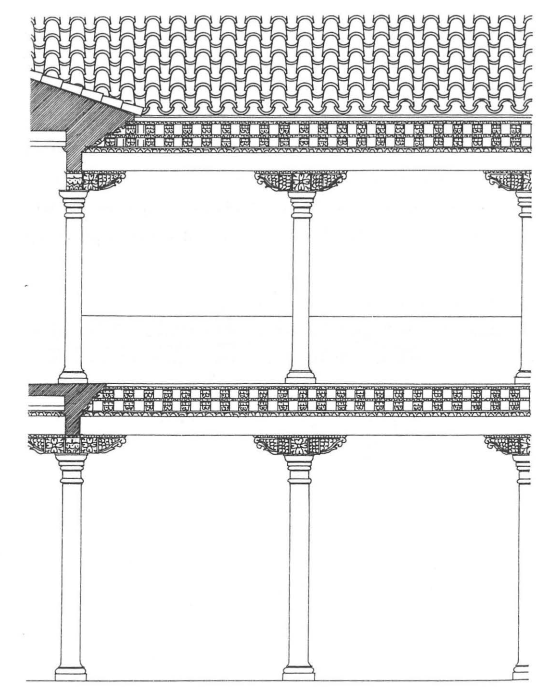


Figura 6
Alzado del patio del palacio de los Condes de Coruña

Continuidad del modelo

Este esquema se tomó a partir de este momento como modelo para casi todos los patios de palacios y conventos que se construyeron en la ciudad y su zona de influencia, apreciándose ligeras variaciones debidas a la manera de resolver constructivamente algunos puntos, principalmente los rincones de los patios, es decir, los apoyos de esquina, sus zapatas, el forjado de los rincones de las galerías y el arriostramiento del conjunto.

Este esquema se empleó casi de forma exclusiva durante los siglos XVI y XVII e incluso posteriores, sin embargo, no se observa ninguna evolución positiva del mismo, sino más bien todo lo contrario, patios cada vez más pequeños, donde se simplifican al máximo sus elementos. Son frecuentes los patios cuadrados en los que se sustituyen las columnas de la planta superior por pies derechos de madera. Los mejores ejemplos se realizaron durante el siglo XVI, muchas veces en edificaciones vinculadas a la familia Mendoza, destacando *el palacio de los Condes de Coruña, el de los Señores de Yunquera, el de Dávalos,* o los desaparecidos *palacio de los Condes de Priego* y *convento de San Bernardo*

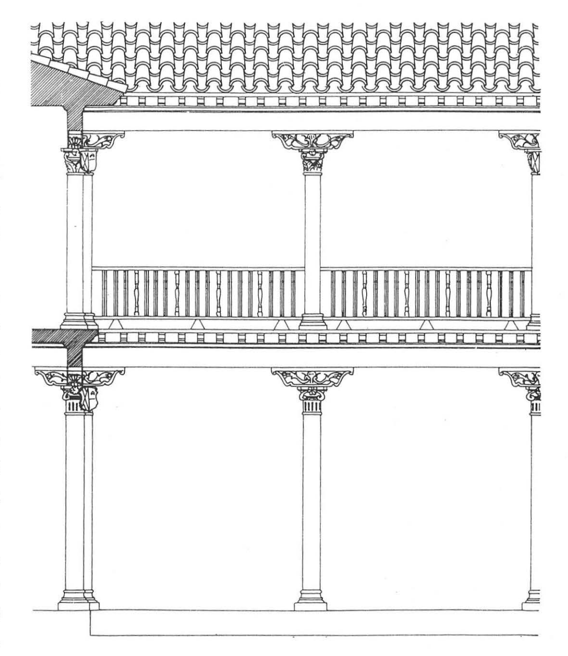


Figura 7
Alzado del patrio del palacio de los Señores de Yunquera

Utilización del modelo en otras edificaciones

Estas estructuras no se limitaron exclusivamente a los patios interiores de palacios y conventos, sino que también sirvieron de modelo para otros edificios en los que debía disponerse de galerías abiertas.

De esta forma muchos de los Ayuntamientos que se construyeron en esta época generalmente presentaban en su fachada principal una doble galería, que en nada difería de un ala de un patio interior de un palacio de los que en la época se construían, y como en estos, el sistema mayoritariamente empleado fue el arquitrabado ya visto. Ejemplos de este tipo de Ayuntamientos son los de Fuentelaencina, Hontoba, Lupiana, etc.

En algunos palacios, además del patio central a partir del que se organizaba espacialmente el mismo, se levantaron galerías a espacios abiertos, empleándose el mismo esquema, como vemos en Cogolludo.

En muchas Iglesias de Guadalajara, desde época románica eran corrientes los atrios porticados de un ala orientada generalmente al sur, o de dos orientadas al sur y al oeste. Durante el Renacimiento fueron muchas las Iglesias que se construyeron o reformaron, con atrios adosados, donde y por los mismos motivos, el sistema más empleado fue el arquitrabado con columnas de piedra y vigas corridas sobre zapatas de madera, rematados superiormente por alero de madera, en las que se pueden ver los mismos detalles y variaciones vistas en los patios interiores.

Entre los atrios de dos alas tenemos en primer lugar el de Santa María la Mayor de Guadalajara, debida probablemente a Lorenzo Vázquez, y la parroquial de Horche. Entre las más sencillas, con un solo ala, la del Cubillo de Uceda, Humanes de Mohernando, Fuentelahiguera o Cañizar.

Los soportales que se construyeron en esta época en calles y plazas también se hicieron muchas veces siguiendo este esquema. Así lo podemos ver en la parte más antigua de la conservada de la Plaza Mayor de Guadalajara, o en los restos que todavía se conservan de los que existieron en la Calle Mayor Baja (hoy Miguel Fluiters) o en la Plaza de San Gil (hoy del Concejo) también de Guadalajara, o en la Plaza del Trigo de Atienza.

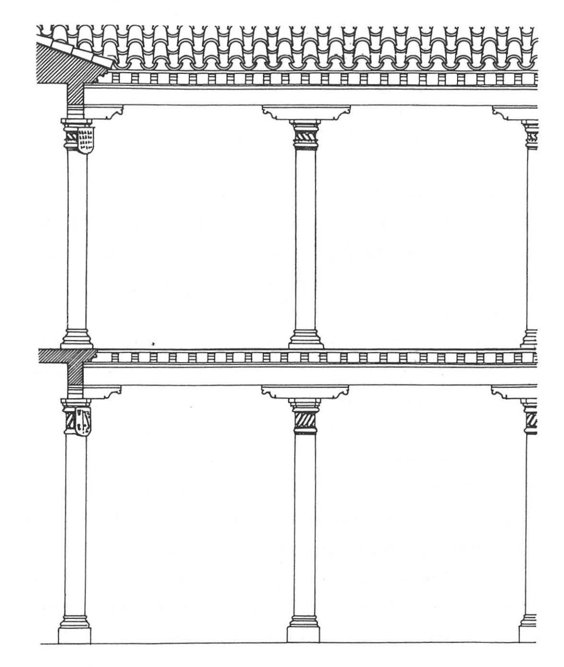


Figura 8
Alzado del patio del palacio de Davalus

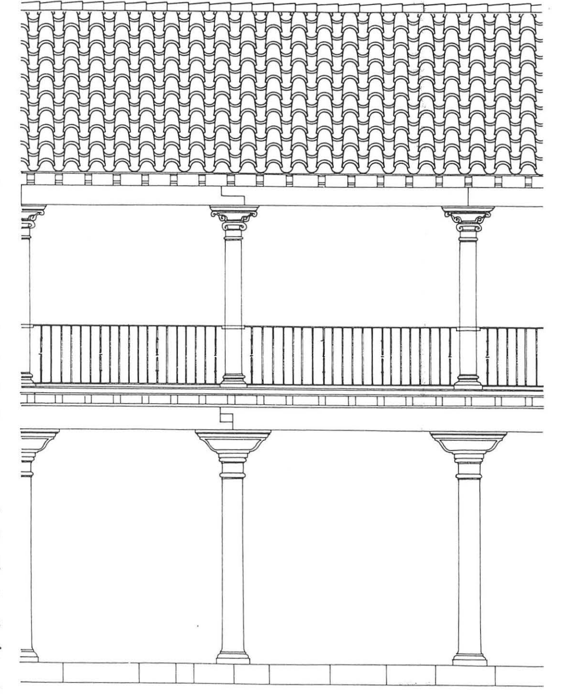


Figura 9
Alzado de las galerías del Ayuntamiento de Fuentelaencina

DIFUSIÓN POSTERIOR DEL MODELO

Este modelo tuvo una gran difusión, pasando rápidamente a otras zonas de la antigua corona de Castilla, tanto a las provincias limítrofes de Guadalajara, como Madrid, Toledo o Segovia, o a otras más alejadas como Salamanca; Burgos, Cáceres o Ciudad Real, o incluso a las zonas que se estaban colonizando en América, pero no como un modelo que respondía, en base a unos materiales disponibles, a un problema constructivo, sino únicamente como un modelo compositivo, construyéndose muchas veces totalmente en piedra, lo que constructivamente no tiene mucho sentido al haber otros sistemas más apropiados para este material, perdiendose de esta forma la razón constructiva que lo originó. Como ejemplos de este modelo realizado en piedra está el Convento de San Pedro Martir en Toledo, el Palacio de los Polentinos en Avila, la Casa de los Lozoya en Segovia, el Palacio del Canónigo Miranda en Burgos o el Palacio de los Orellana-Pizarro en Trujillo.

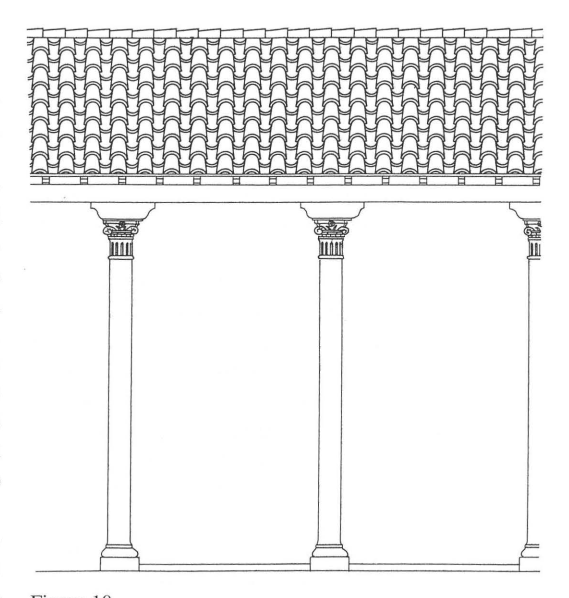


Figura 10
Alzado del atrio de la Iglesia de Santa María

El faro de Santa Catalina de Lekeitio: un proyecto de Amado de Lázaro

Jaione Velilla Iriondo
Paloma Rodríguez-Escudero Sánchez

El proceso de revisión del siglo XIX ha permitido rescatar del olvido la figura del ingeniero Amado de Lázaro y Figueras (Toulouse, 1831) que, desde 1854 —fecha en la que concluyó sus estudios de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos— hasta 1863 —en que pasó a ocupar el puesto de Ingeniero Jefe de la provincia de Tarragona—, desarrolló una importante actividad profesional en Vizcaya primero como encargado del servicio de Inspección de Obras Públicas y más tarde también como Ingeniero encargado del Servicio Marítimo de la provincia y Jefe Director de la Escuela de Torreros de Faros establecida en el Cabo Machichaco.

En esos nueve años que permaneció vinculado a Vizcaya Lázaro participó en actividades y obras de muy distinta índole como los proyectos de los pontones del Astillero de Deusto, el proyecto de ensanche y edificación de la villa de Portugalete, el proyecto de mejora del Puerto de Bermeo, el estudio de mejora de la Ría y Puerto de Bilbao —en colaboración con Manuel Peironcely—, un proyecto de muelle en Sestao, la construcción de la línea electro-telegráfica de Bilbao a Santander, proyectos y ejecución de almacenes de depósito de efectos de Faros, estudio y proyecto de mejora del Puerto de Lekeitio, proyecto de mejora del puerto de Ondárroa, el proyecto de un edificio para Escuela de Torreros en el Cabo Machichaco, el proyecto de un faro para el Puerto de Lekeitio y otros muchos trabajos que, como en el caso de algunos de los citados, en ocasiones no se llevaron a término. De todas sus obras en estos años merece destacarse el que sería su proyecto más ambicioso: el ensanche de Bilbao, encargado por el Ayuntamiento y que presenta oficialmente en 1862. Este proyecto, que suponía la creación de una nueva ciudad sobre terrenos de las anteiglesias limítrofes de Abando y Begoña, destinada a ser el corazón y motor de Vizcaya, contó desde el pricipio con muchas dificultades tanto por la oposición de las anteiglesias afectadas como por los intereses económicos —públicos y privados— que trabaron el proyecto hasta su definitivo rechazo en 1865. Ya antes en 1863 Lázaro había solicitado y obtenido el traslado como Ingeniero Jefe a Tarragona sin duda movido principalmente por la virulencia de las reacciones contrarias a su proyecto de ensanche, mucho más ambicioso y funcional que el que se llevaría a cabo más tarde.[1]

El objeto de la presente comunicación es precisamente sacar a la luz la documentación inédita de los dos proyectos completos que Lázaro presentó en 1860 para la construción del faro de Lekeitio sobre cuyo puerto había propuesto diversas actuaciones dos años antes.[2] El primero de los proyectos que firma como Ingeniero de Provincias está fechado en febrero y consta de los siguientes documentos: Memoria descriptiva, Pliego de condiciones facultativas, Presupuesto, Cubicación de las obras, Precios elementales y compuestos, Pliego de condiciones económicas y Planos. El segundo, también de Lázaro, es de enero de 1861 y se compone de Memoria descriptiva, Pliego de condiciones facultativas, Presupuesto,

Cubicación de las obras, Presupuesto detallado de las diversas obras y Planos.

En relación con el Faro de Lekeitio se ha encontrado asímismo un documento de «Aumento de obras» con un «Proyecto de una escalera de descenso al faro», obra también de Lázaro, de noviembre de ese mismo año 1861; y, por último, en una «Memoria relativa al Presupuesto de los gastos que se originarán en el Servicio y Conservación de los Faros de la Provincia de Vizcaya durante el año económico de 1897-1898» se incluyen igualmente unos planos para el cierre del faro, obra del ingeniero Juan Eguidazu que significaban una modificación del proyecto de Lázaro pero que por falta de espacio no trataremos aquí.

La Memoria descriptiva presentada por Lázaro en 1860 especifica que se trata de un faro de 5º orden y luz fija. Su objeto, junto con los de Higueldo, Guetaria y Machichaco, es marcar la dirección general de la costa para la navegación de cabotaje y fijar la posición del puerto de Lekeitio, de buenas condiciones para el abrigo de pequeños buques. El terreno sobre el que debe asentarse es de roca caliza en grandes bancos, formando unas laderas de grandes pendientes y con un pequeño espacio útil que precisaría un pequeño desmonte para acondicionarlo. El emplazamiento del faro, en una pequeña meseta en la parte más saliente del cabo de Santa Catalina, a una altura sobre el nivel del mar en pleamar de 27 metros, había sido previamente fijado en 1858 por el Inspector D. Toribio de Areitio. Según se indica, sólo podía haber habido otro posible emplazamiento pero a 45 metros sobre el nivel del mar, lo que hubiera representado una tangente excesiva para el poder de luz de un faro de 5º orden y, además, la altura tan excesiva lo hubiera hecho menos visible por efecto de las frecuentes nieblas (figuras 1 y 2).

El conjunto que Lázaro proyecta se compone de un edificio y la torre-faro, con una longitud total de 16,90 metros. Todo alrededor llevaba un corredor defendido por un antepecho de mampostería, disponiéndose una escalera para enlazarlo con la parte superior del cerro, con una pequeña plataforma ante la entrada del faro, en la que se debía construir un aljibe.

El primer edificio se proyecta con una habitación para un torrero ordinario (dos dormitorios, cocina y escusado), otra para un torrero auxiliar (con las mismas dependencias), una habitación para el ingeniero, un depósito de aceite y un depósito de efectos que serviría a la vez como cuarto de limpieza. Este edificio auxiliar se organiza en planta baja y piso, precisamente por el poco espacio que proporciona la plataforma elegida.

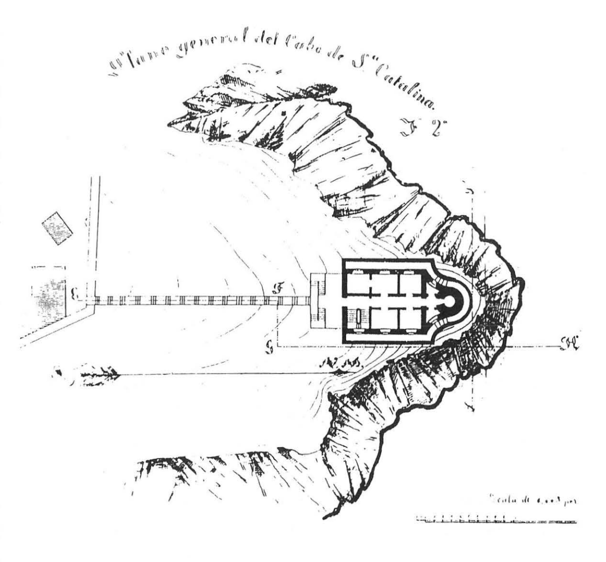


Figura 1
Amado de Lazaro. Proyecto I. Planta

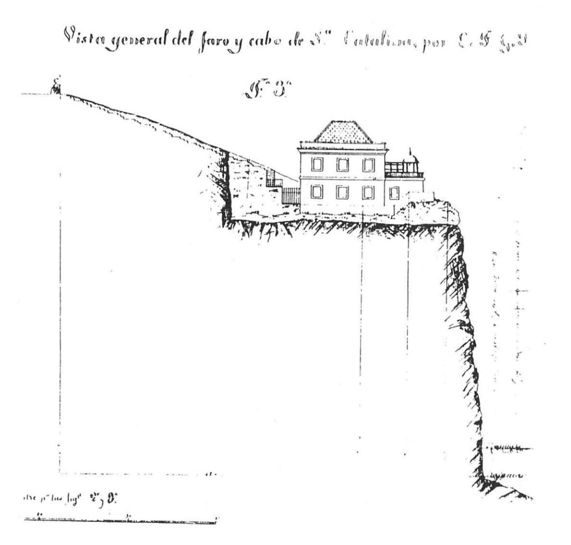


Figura 2
Amado de Lázaro. Proyecto I. Alzado lateral

Amado de Lázaro propone para el faro una torre-linterna baja por varias razones que detalla: 1º) porque si normalmente se hacen altas es para ganar altura sobre la que ofrece el emplazamiento en sí, lo que en este caso —indica— no es necesario, debido al nivel que sobre el mar coge el terreno; 2º) por el menor coste que supone sin menoscabo de su función; 3º) porque el objetivo de sea reconocible de día es más necesario para los de mayor categoría, —no en este tipo inferior— y, además en caso de duda, el aspecto exterior de la linterna y el edificio sería suficiente; y 4º) porque la menor altura de la linterna es más conveniente para el 5º orden porque así se pierde menos la luz y el edificio colocado detrás y próximo a ella hace el efecto de reflector.

Según plantea el cilindro de la torre iría cubierto por una «bobeda de casquete esférico», sobre la que se apoyaría «la columna de fundición del aparato óptico». Mientras que la linterna que cubría el aparato se colocaría sobre un basamento de sillería. Una galería cubierta, de cristal, debía unir la torre con la casa (figura 3).

En cuanto a los materiales Lázaro indica que se empleará la sillería para la torre, esquinas de la casa, cornisa y jambas de los vanos; mampostería revocada con mortero hidráulico para los entrepaños y ladrillo en las paredes interiores de distribución. Toda la piedra se recomienda que se saque de las proximidades, ya que es de buena calidad y resulta más cómodo y barato. Las ventanas y puertas exteriores se propone que se hagan de castaño y las puertas interiores «de pino de Olanda por ser menos ruinoso que el de Francia y mas limpio». Los bastidores de cristal de las ventanas serían de los «llamados a la francesa en el país», y contarían con contraventanas interiores.

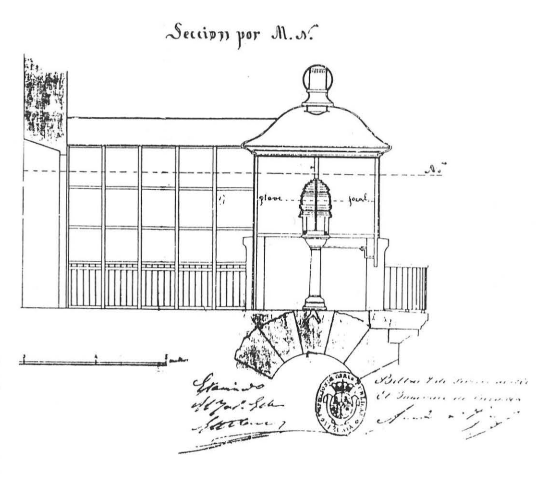


Figura 3
Amado de Lázaro. Proyecto I. Fanal y galería de unión.

Respecto a la cubierta el proyecto prevé que sea de pizarra porque se considera que es más segura contra las filtraciones, requiere una armadura más sencilla y ligera que si se empleara teja, puede usarse para ésta el pino de Holanda, más barato que la solivería de roble, puede ir clavada, evitando el mortero que sería necesario para evitar que el viento levantase las tejas, ofrece un aspecto exterior «mucho más bello que las tejas», es barata y puede adquirirse fácilmente por las grandes relaciones entre Bilbao y los puntos de donde se puede importar.

Las aguas de la lluvia de las cuatro vertientes del tejado de la casa correrían por canales establecidos entre el cornisamiento y la parte inferior, que irían elevados sobre el piso principal para permitir reparar las filtraciones y estarían cubiertos de zinc. Dos tubos de fundición colocados en los ángulos del edificio conducirían el agua al aljibe.

El presupuesto total de todo lo proyectado asciende a 119.745,22 reales de vellón de los que 7.399 corresponden al coste de las obras de explanación, 3.677, 65 al muro de circunvalación, 81.284,18 (+535) al edificio, 21.646,14 a la torre, 1.454 al aljibe, y, finalmente 3.769 a accesorios. Lázaro propone que se realice el proyecto por contrata, «entendidas las mayores facilidades con que un particular cuenta para adquirir ciertos efectos», como las pizarras, ferretería, puertas y ventanas, etc.

El Pliego de condiciones facultativas establece con detalle todos los materiales: que la arena para los morteros sea de las inmediaciones, «bien limpia y esenta de materias terrosas»; el agua dulce, la cal común de Lekeitio «y de cocion reciente e inmediata», la cal hidráulica de «Iraeta o Zumaya, deberá ser de fabricación reciente» y sujeta a la prueba «de ver si fragua en cinco minutos»; la mampostería tendrá un volumen mínimo de 0,027 m o sea el cubo de 0,3 m; la sillería no tendrá «vetas, partes tiernas u otros defectos» y tendrá lo mínimo 0,30 m de altura ó 0,60 de tizón y 0,60 ó 0,70 m de largo; el yeso estará convenientemente cocido, «de modo que al trabajarlo sea pastoso suave de modo que se adhiera a los de-

dos, presentando granos finos»; los ladrillos se adquirirán de los mejores hornos de la localidad, bien cocidos, duros y sonoros, de forma de «rectángulo perfecto y sin alaveamiento»; las pizarras rectangulares y perfectamente trabajadas, «de las fabricadas en Angers de 0,458 m por 0,254 de ancho»; las maderas serán: pino de Francia para las entablaciones; de «pino del Norte» para la armadura, pies derechos, carreras, zapatas y madera de suelo; de castaño sin nudos y bien seco para los pisos, puertas y ventanas; el hierro forjado y fundido, el zinc, plomo y cobre serán todos de primera calidad.

En cuanto a los procedimientos, se fija cómo deberán hacerse los morteros, colocarse la mampostería, labrar y disponer la sillería, utilizar los ladrillos, revocar los muros exteriores y las paredes interiores, construir las diversas partes de madera, forma y colocación de la ferretería, disposición de pisos, escalera, cubierta y canales, construcción del aljibe, etc. En documentos anexos se hace el presupuesto partida por partida y la cubicación de las obras, y se redacta un pliego de condiciones económicas para la construcción.

La Junta Consultiva hizo tres observaciones a este proyecto: 1º) Se indicaba que si se adoptaba el emplazamiento propuesto el edificio destinado a habitaciones debería tener un mayor amplitud en planta y un solo piso, sobre el que debería disponerse la torre; 2ª) Recomendaba que se adoptara para la construcción el método de contrata, tal como proponía Lázaro; 3º) Se aceptaban por buenos los documentos presentados variando en la propuesta lo que fuera conveniente para adaptarse a la primera conclusión. La Comisión Especial de Faros, por su parte, estimó que el emplazamiento del proyecto de Lázaro, que por otro lado estaba ya fijado con anterioridad, era correcto pero, por contra, no encontraba justificada la idea de dotar al faro de dos torreros, considerando además que ello suponía que el edificio de habitaciones necesitara dos plantas con lo que las proporciones de la torre quedaban mezquinas en relación al edificio. Por ello, proponían suprimir un piso al edificio y elevar un poco más la torre, conservando la misma forma de la planta propuesta. En consecuencia solicitan que se realize un nuevo proyecto incluyendo esas modificaciones y se ofrece para ello un modelo elaborado por Lucio del Valle, Inspector del Distrito de Burgos (figuras 4, 5 y 6).

Tal como suele ser habitual en otras ocasiones Amado de Lázaro no se va a limitar a efectuar simplemente las modificaciones solicitadas, sino que siente la necesidad de razonar su proyecto original, amparándose en un comentario de la Junta Consultiva que indicaba debía pedirse explicaciones al ingeniero sobre sus disposiciones. Su justificación se centra en tres aspectos: en la adecuación del emplazamiento fijado; en la suficiente altura de la torre, —acorde con la memoria publicada por el Ingeniero Ángel Mayo—, justificando su rechazo al ejemplo que se le propone, —el faro de Punta Galea, a 100 m sobre el nivel del mar— ya que ni siquiera los faros de primer orden re-

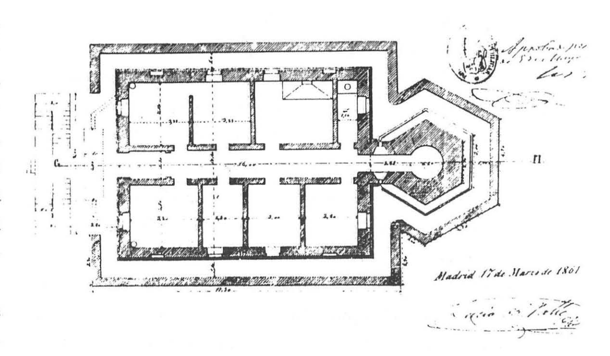


Figura 4
Proyecto de Lucio del Valle. Planta

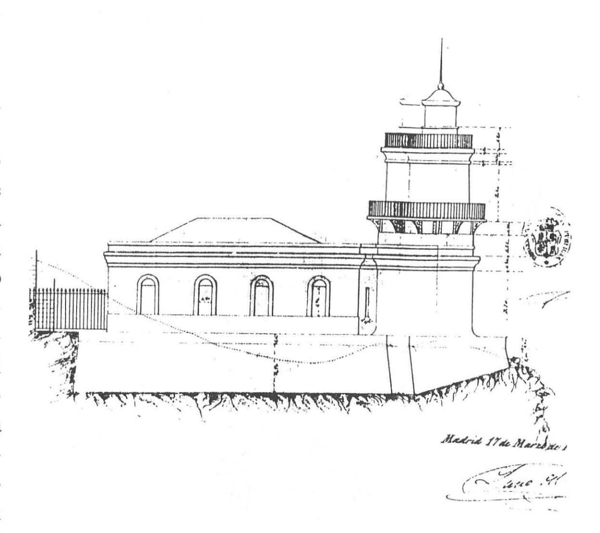


Figura 5
Proyecto de Lucio del Valle. Alzado lateral

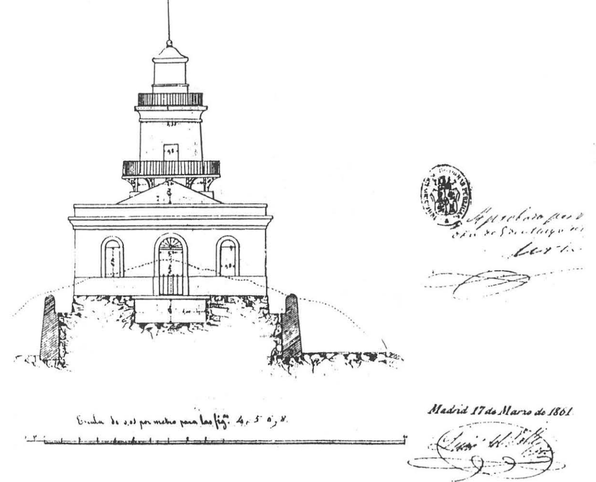


Figura 6
Proyecto de Lucio del Valle. Alzado desde la mar

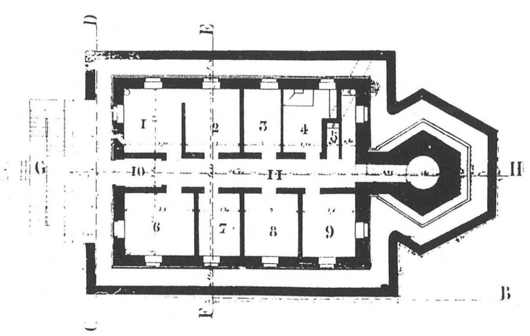


Figura 7
Proyecto de Amado de Lázaro II. Planta

querían esa altura y en áquel caso su única justificación residía en aprovechar un antiguo fuerte;[3] a este respecto también rebate los argumentos de la Junta Consultiva porque no se le recrimina la inconveniencia de su propuesta, sino el hecho de que no siga la costumbre de dar un mayor protagonismo en altura a la torre, convirtiéndola en lo que él llama «torres monumentales», y cuyos resultados funcionales afirma que no son necesariamente mejores que los ofrecidos por su proyecto, en el que la falta de altura de la torre es suplida por su emplazamiento. Igualmente defiende que la difusión de la luz es más efectiva en su proyecto por la disposición del edificio detrás de la torre, al servir de reflector de la luz hacia el mar. El tercer punto de su argumentación es la defensa de la necesidad de dos torreros que justifica por la distancia del faro respecto a la población, que es de casi 3 km. A ello añade consideraciones sobre el tipo de vivienda destinada a los torreros afirmando que no le parecería mal que fueran poco más que una cuadra cuando —como en el caso de Turquía— los alumbrados son vigilados por soldados, pero que no se pueden establecer condiciones semejantes para un farero que será acompañado por su familia. Aún así, como debe someterse a las directrices impuestas, en el nuevo proyecto el edificio sería para un sólo farero, tiene una sola planta y la totrre sobresale por encima de él (figuras 7 y 8).

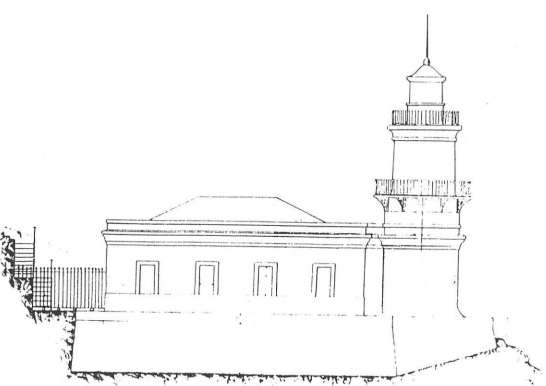


Figura 8
Proyecto de Amado de Lázaro II. Alzado lateral

En este nuevo proyecto Lázaro muestra preocupaciones no sólo técnicas y funcionales como cuando explica que «en las proporciones de ventanas y cornisas se han observado en rigor las correspondientes al orden toscano» o cuando expone que para no dar a la torre una gran elevación «y al mismo tiempo para que no aparezca desproporcionada con el diámetro, se ha dispuesto a manera de un basamento o pedestal de sección exagonal [...] sobrepuesto de un trozo de cono truncado que forma la parte superior en que debe colocarse la linterna». O cuando indica que en una torre «si se han de observar convenientemente las proporciones exigidas por las reglas clásicas de la arquitectura, es preciso que exista entre el diámetro y la altura una cierta relación, correspondiente al orden que predomina en el todo del edificio del cual forma

parte», si bien el mismo hace la objeción de que en un faro, y más de 5º orden, no es posible aplicar estrictamente este principio, porque conduciría a proporciones excesivas, que aunque de aspecto bello acarrearían un gran costo, desproporcionado al objeto.

En la misma línea Lázaro indica que generalmente en este tipo de construcciones se coloca la torre en centro, emergiendo del edificio, o se adosan torre y edificio, «de modo que el muro del segundo por la parte de mar pasa por el ege de la primera». Sin embargo, considera ambas disposiciones «sumamente inconvenientes», principalmente a causa de las filtraciones, porque introducen en el tejado de la casa unas irregularidades que hacen imposible o muy costosa la conservación. Por tanto, coloca la torre separada de la casa con lo cual no se introduce ninguna irregularidad en la armadura del tejado, con la consiguiente garantía de la desaparición de las filtraciones. El enlace entre ambos edificios se hace a través de la base exagonal, por medio de una «pequeña bobeda» que irá recubierta de una capa de hormigón hidráulico.

De acuerdo con las indicaciones recibidas, la casa será para un solo torrero con familia y constará de dormitorio del torrero, despensa, cocina, escusado, habitación del ingeniero, almacén de aceite, almacén de efectos para el alumbrado y oficina del torrero, sala de limpieza, y vestíbulo. Se sustituye la pizarra del primer proyecto por teja, porque el nuevo edificio tiene poca altura y la pizarra precisa una pendiente que haría que el tejado apareciese con una notable desproporción.

La torre será completamente de sillería, tanto al exterior como al interior, por ser más adecuada que la mampostería para evitar las filtraciones, para lo cual se dispondrán los sillares «formando un resalto en las juntas de lecho y sobrelecho», según los planos (figura 9). A pesar de que así se encarece el costo se juzga más conveniente. Propone que la escalera de acceso a la linterna sea de hierro, por ser su construcción «sólida al par que fácil y rápida» (figura 10).

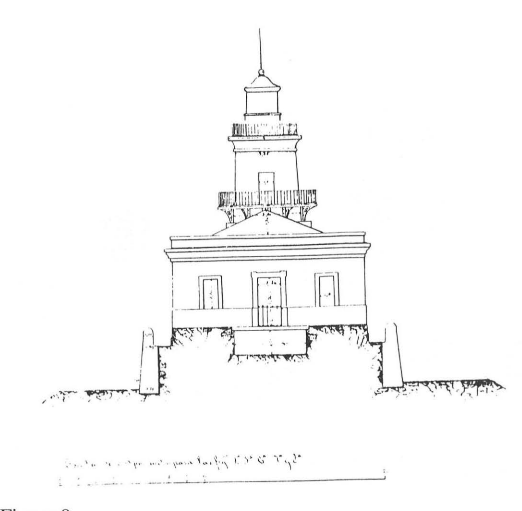


Figura 9
Proyecto de Amado de Lázaro II. Alzado desde tierra

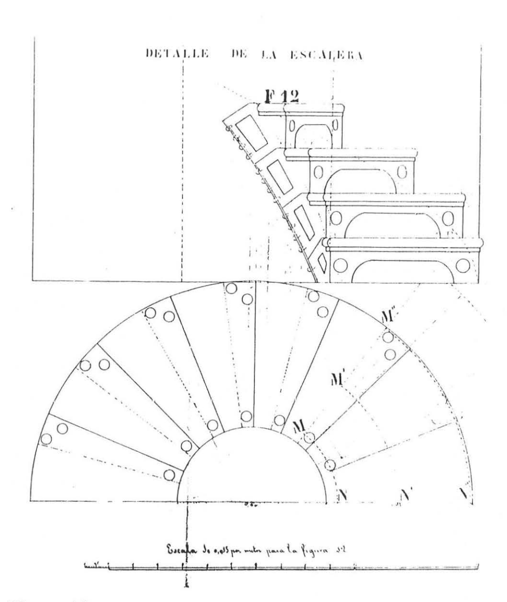


Figura 10
Proyecto de Amado de Lázaro II. Escalera de la torre

Las demás condiciones de materiales, procedimientos, etc., son semejantes al primer proyecto. Recogemos únicamente algunos aspectos como la indicación de que la colocación de la mampostería se hará en hiladas horizontales; la sillería recta se empleará en el zócalo, esquinas y jambas de la torre, chapas del aljibe, alcantarillas y gradas. Se relabrará a bujarda, prohíbe en su asiento el empleo de cuñas y la utilización de sillares desportillados. La sillería de corte se dividirá en dos clases: una una para la parte poligonal de la torre y otra para la parte cilíndrica de la misma, cornisas (del edificio y de la torre), sota-

bancos del edificio y bóveda de entrada a la torre. Se labrará según plantillas de hierro o de zinc.

El presupuesto asciende a 177.627,16 reales. Considera que puede construirse en seis meses, «con tal que entre ellos se halle comprendida una campaña de berano. De otro modo habrá que aumentarle en dos o tres meses». El tiempo de garantía debería ser de 12 meses. El proyecto fue aprobado por Real orden el 5 de mayo de 1861. Sin embargo, en otro proyecto posterior, para la construcción de una escalera desde la antigua batería colocada en lo alto del cabo hasta el emplazamiento del faro, se da como fecha de aprobación el 15 de junio.

En el proyecto aprobado, la escalera se preveía abierta en la masa caliza. Pero en el proceso de desmonte aparecieron vetas y bolsas de arcilla, lo que hace necesario construir una de mampostería y peldaños de sillería, con un pasamano de hierro. El presupuesto asciende a 21.153,15 reales. Presentado el proyecto con fecha 11 de noviembre de 1861, fue aprobado 31 de diciembre.

NOTAS

1. Información más detallada sobre el curriculum de Amado de Lázaro y sus destinos puede consultarse en Lázaro, A. de. *Memoria descriptiva sobre proyecto de ensanche de la Villa de Bilbao.* Vitoria-Gateiz. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, 1988. Con estudio introductorio y notas de Paloma Rodríguez-Escudero.
2. Archivo General de Administración Civil del Estado. Alcalá de Henares. O.P. Caja 28664.
3. Efectivamente, se trata del llamado «Castillo del Príncipe», fortificación de 1740 a la que se añadió una torre de señales en 1791, luego transformada en faro. Beas-Coechea, J. Mª Getxo. *Memoria Histórico-Artística.* Bilbao. Bizkaiko Foru Aldundia, 1992. p. 231.

Los «Trulli»

Brunella Vernile

Un particular «lenguaje arquitectónico» define ciertos lugares. Estamos hablando de algunos pueblos en tierra de Pulla, en el sur de Italia, que se caracterizan por la presencia de un tipo particular de casa, por la persistencia de formas primordiales de arquitectura: el «trullo».[1] Tipo que se encuentra a lo largo de la zona oriental de Pulla, desde la punta de Salento,[2] en los campos del Barese, hasta la llamada «Murgia dei Trulli», el altiplano de Murgia meridional y donde es frecuente y predomina el terreno cársico. En particular, en el territorio de Putignano, Noci, Locorotondo, Martina Franca, Fasano, Cisternino y Alberobello, la «capital de los Trulli» por excelencia, que posee dos barrios completamente construidos con «trulli», declarados Monumento Nacional, y que constituyen la más alta y original expresión arquitectónica lograda con la antigua técnica de los «trulli».

Origen

El origen del nombre es muy discutido: para algunos, «trullo» —palabra que se refiere a la cubierta cónica y, por sinécdoque, indica la vivienda misma— deriva del griego *tholos*, término usado para definir la cúpula cónica de las tumbas micénicas; para otros, del griego-bizantino *torullos* (cúpula), como demuestra el hecho que el salón con cúpula del palacio imperial de Constantinopla —sede en el 691 del Consejo dicho *trullano* o *in trullo*, por orden de Justiniano II— se llamaba *torulla* y *trulla*. Otra derivación podría venir del término latín *turris*, evolucionando en *turrula, trulla, trullum,* «pequeña torre», por la forma cilíndrica del muro perimetral de los «trulli» primitivos (*trullus* en latín era una construcción terminada, en alto, en forma de cúspide).

Lo que nosotros admiramos hoy es sólo una réplica del tipo primitivo que él nos transmite, su forma más desarrollada y el testimonio de una antigua tradición constructiva. Éste, en efecto, es tan económico que, cuando presenta lesiones conviene demolerlo en vez de recurrir a reparaciones mucho más costosas.

A pesar de que el ejemplar más antiguo de «trullo», en el territorio de Locorotondo, con planta circular, remonta al año 1559, como es prueba la fecha grabada sobre el arquitrabe de la puerta, el origen del tipo se encuentra en la prehistoria pullesa, entre el eneolítico y la edad de hierro, o sea, entre el año 2000 a.C. y el siglo VIII a.C., época de la colonización dórica. Es probable que hayan sido los pueblos primitivos como «Messapi»,[3] Fenicios, Helénicos, Pelasgos,[4] durante sus migraciones transmarinas, los que introdujeron en Pulla, en el II milenio A.C., su tipo aborigen de casa con cúpula cónica. La expresión indo-ariana *tor, tar* que expresa la idea de redondez, constituye la raíz del griego antiguo *torus* (protuberancia redonda) y de *torulus* que, con la influencia del latín *turris*, ha producido el vocablo greco-latino *torullos*, del que derivan *torullo, trullo.* Pagano[5] sugiere el origen autóctono de la contrucción en forma de «trullo» como traducción en piedra de la cabaña neolítica pullesa.

El prototipo de esta forma arquitectónica remonta al año 1550 a.C.: se trata de cúpulas de tumbas o *tholoi* de Micenas y en particular del «Tesoro de Atreo».[6] Maggiulli sostiene que, al inicio, la contrucción en forma de trullo haya sido usada como monumento fúnebre y sólo más tarde como vivienda, ya que el túmulo era el sepulcro primitivo de todos los pueblos mediterráneos.[7]

El túmulo primitivo fue construido, en Pulla, en piedra, la «specchia»,[8] de la cual, sucesivamente, fue recavada una habitación interna, el «trullo». La prosecución de la forma es evidente en las criptas cónicas de los héroes de Creta, en los mausoleos de los guerreros asirios, en los templos sepulcrales de los reyes de Babilonia, en las pirámides egipcias, en el sepulcro de Cecilia Metella, en el mausoleo de Adriano en Roma y, en Oriente, en los minaretos, en las pagodas, etc., evoluciones todas del primitivo «trullo». Las mismas nuragas[9] megalíticas de Cerdeña pertenecientes a la antigua civilización megalítica mediterránea o las «Tumbas de los Gigantes», los «sesi»[10] de Pantellería, las «casite» de Istria, el «mane» de Bretaña, la «beehive-house» de Escocia, el santuario de Malta, el «kurgano»[11] de Rusia, son construcciones con formas más o menos análogas al «trullo», restos de viviendas arcaicas que manifiestan el parentesco genético. En España, edificios como el «trullo» se encuentran sobre la Costa Brava, en la Mancha, en Aragón, en Cataluña, en las islas Baleares (en Mallorca, construcciones pequeñas y esporádicas, en Menorca, monumentales, con estructura megalítica. En las islas Baleares y en las islas Canarias además de las Barracas,[12] se encuentran los Talayots.[13] Esta serie de construcciones con características casi semejantes, que se encuentra en toda la cuenca occidental del Mediterráneo, refleja una unidad de lenguaje arquitectónico.

El histórico E. Allen[14] afirma que la técnica podría haber sido inventada en Pulla, aunque se adopte en otros lugares, donde se presenta la disponibilidad de un tipo particular de piedra. La forma de toda la zona se debe, pues, a las acciones de disolución y erosión realizadas por las aguas meteóricas en las rocas calcáreas: es exactamente de estas rocas estratificadas que se recava el material de construcción que caracteriza el paisaje.

Según Simoncini,[15] la construcción en forma de «trullo» no constituye una particularidad de Pulla, sino una típica manifestación constructiva del espíritu humano que puede surgir en determinadas condiciones ambientales, en ciertos estadios del desarrollo social, no como un elemento del folclore paisano, ni difundido por un pueblo, ni a partir de un lugar que le sirve de epicentro. Se trata de una arquitectura del lugar relacionada unicamente con su naturaleza geológica. Algunos aspectos de los «trulli» están determinados por el tipo de roca particular que provee el material de construcción. En Pulla, han determinado la aparición y la repetición de las características originarias de estructura, función y planta la naturaleza geológica de la zona, en forma de bancos lapídeos aflorantes; la sociedad campesina y el nivel económico mínimo para la sobrevivencia; el concepto primitivo de vida, evidente en la espiritualidad, cuyas sobrevivencias arquitectónicas están constituidas por pináculos en la culminación del edificio, cuyo origen se cree esté ligado al culto solar de los Messapi, por la analogía con sus amuletos en forma de esfera y círculo, pirámide y cono, y por los signos pintados sobre la cúpula en correspondencia del ingreso. Éstos, en tal posición tenían un valor propiciatorio, conectado además, por el lenguaje decorativo, a antiguas prácticas astrológicas.

Se sabe que las circunstancias ambientales, factores históricos y geológicos intervienen en la evolución de este tipo de construcción. En el caso específico sabemos, por documentos, que en el año 1635 el feudatario de Alberobello, el Conde Girolamo Acquaviva, tomó iniciativas, entre éstas la prohibición de construir casas diferentes a los «trulli» para que pudiese abstenerse de los tributos fiscales debidos por los Barones al Soberano por cada pueblo poseído. Así los «trulli» que, por ser construidos en seco, podían ser facilmente demolidos, escondían la existencia de una pequeña aldea, en caso de inspecciones gubernativas.[16]

Lo que seguramente ha favorecido la persistencia de un sistema constructivo que se remonta a la prehistoria mediterránea ha sido constituido, además de la naturaleza pedregosa del suelo, por tufos y rocas calcáreas, a menudo en forma de lastres, también la facilidad de una técnica y el apego a las tradiciones de los antepasados, las formas de economía agrícola, la seguridad contra los incendios, la duración y los mínimos gastos de mantenimiento (figura 1).

G. Simoncini,[17] refiriéndose a un tipo de construcción edilicio generalizado y primordial, individualiza elementos fundamentales que se repiten constante-

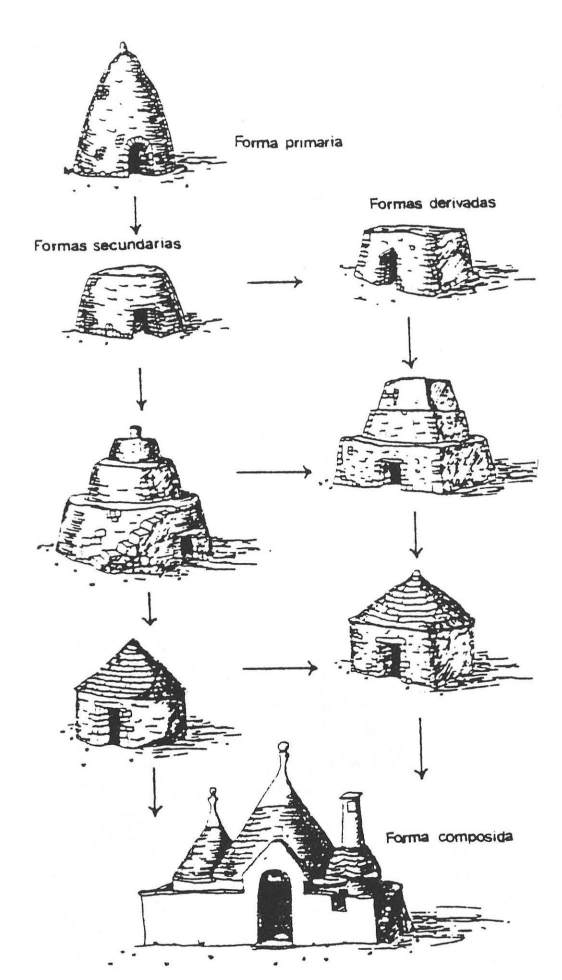


Figura 1
Evolución de los "trulli"

mente interviniendo en la ejecución de la fábrica tipo y son:

1. El sistema constructivo a forma de tholos, ya resuelto a partir del III milenio A.C. en Egipto y Mesopotamia, muy simple en su ejecución, no necesitando el uso de legantes o encofrados, a forma de aros de bloques progresivamente salientes y cerrados en la cima por una gran piedra.

2. La función, ligada a la actividad del campesino, articulándose en vivienda permanente (sólo a partir del 1500) o provisoria o simple reparo. No por casualidad, el «trullo», que estaba construido por el mismo campesino con el material lapídeo encontrado en el campo, surgía siempre en él, y la misma palabra «chipuro», vocablo con el cual éste viene llamado en Salento y significa, en griego, «guardián del campo cultivado».

3. La planta originariamente circular, como los edificios prehistóricos a él símiles, la forma primordial de la actividad arquitectónica, forma que para una vivienda asume un valor mágico-religioso, se encuentra sólo en el Mediterráneo occidental en relación con una organización social, como la megalítica, de tipo primitivo, y no en el Mediterráneo oriental, donde prevalecía el ángulo recto. (Esto contrasta con la hipótesis de Notarnicola[18] sobre un origen debido a la introdución por el Oriente mediterráneo.)

O sea, independientemente de los contactos e influencias externas, las condiciones que han influido en el nacimiento y la evolución de estos organismos de construcción han sido:

– la naturaleza geológica de los terrenos con estructura lapídea;

– la organización económica de tipo campesino que define la destinación como vivienda;

– la fase primitiva de desarollo social que explica la adopción de la planta circular.

Avaloran este punto de vista: B. Zevi,[19] que se refiere a esta arquitectura hecha de «carpas de piedra» como a un excelente ejemplo de *ethos* popular, de vernáculo difundido de ascendencia prehistórica; y Mongiello,[20] verificando la existencia de afinidades entre el repertorio de los «trulli» y el de las iglesias a forma de cúpula de Pulla, datadas desde el siglo IX al XVII, donde encontramos las dos distintas estructuras volumétricas, interna y externa y la repetición de elementos arquitectónicos, como los portales (figura 2, figura 3).

Clasificación

La tipología más difundida es la que presenta una cubierta cónica, aunque existan modelos que tienen superposiciones de tronco de cono o de troncos de pirámides, techos con faldas inclinadas o porciones de semiesferas.

Bertaux[21] distingue tres tipos de «trullo»:

– de planta cuadrangular, con tronco de pirámide con cubierta en forma de terraza a la que se llega a través de una pequeña escalera externa;

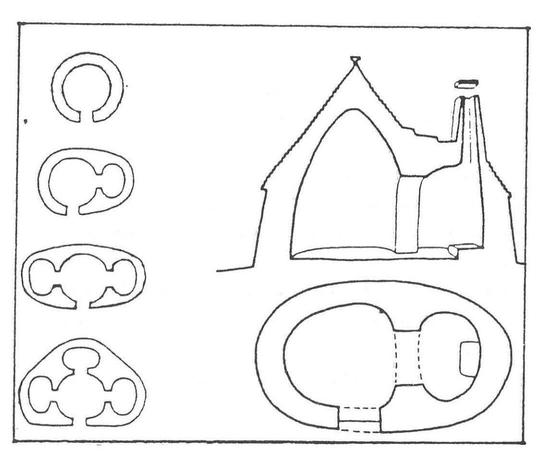


Figura 2
Forma de trullo de campaña. Del mambiente principal se accede a uno más pequeño dotado de chimenea, se pueden encontrar dos o tres pequeños ambientes conectados con el principal

– de planta circular y bóveda con sección ojival, cubierta escalonada y una altura de 8 metros;

– «trullo de Alberobello», con planta cuadrangular, sobre la que se apoya una cubierta cónica.

En cambio, según Battaglia,[22] se pueden individualizar cinco tipos de «trullo»:

1. Tipo cupuliforme, del que derivan el de cúpula semiesférica (con bóveda ojival es la forma primaria de la cual derivaron todas las demás);

2. Con tronco a cono, difundido en Murge y en Salento, del que derivan el de tronco a pirámide, peculiar de la península salentina, utilizado como depósito de instrumentos de trabajo y temporáneo reparo para agricultores y ganado;

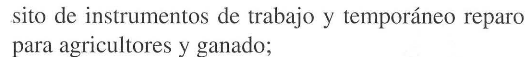


Figura 3

3. Con escalones, difundido en todo el territorio de Pulla, con bóveda ojival e interior monocelular iluminado por pequeños orificios, la puerta con arco o enfatizada por un arquitrabe. De altura estimada en 8 metros, es el tipo más frecuente como reparo temporáneo o estacional y, a veces, demora permanente. Se diferencia por el material recavado de la roca aflorante en el lugar, el tufo calcáreo;

4. De paredes cilíndricas y cúpula cónica, del que deriva el de base cuadrada y cúpula cónica;

5. «Trullo de Alberobello», con cúpula cónica sobre una base cuadrangular, con más cúpulas en correspondencia de los vanos internos, portal con arco de medio punto, sobre del que se encuentran un tímpano triangular y pináculos, en la cima de las cúpulas (figura 4).



Figura 4

Parámetros constructivos

Hemos visto que la técnica muraria de «piedra en seco» no depende de una simple elección de gusto, sino que responde a necesidades ligadas al hallazgo de los materiales y a condiciones legislativas de los Condes de la época, así como a la experiencia de los mismos campesinos y pastores.

Muros de contención del terreno que constituyen terrazas, muros que delimitan la propiedad de las tierras o el recorrido de las calles, muros de protección de los cultivos para evitar la pastura del ganado va-

gante, además de las construcciones en forma de «trullo», están construidos con este procedimiento constructivo, basándose en la simple superposición de materiales lapídeos, sin usar legantes, determinando un tipo particular de organización agrícola y de instalación, así como paisajística y caracterizando la fisionomía particular de los ambientes territoriales pulleses.

Entonces, la piedra abastecida espontaneamente por los territorios principalmente calcáreos estratificados, constituye el elemento determinante y esencial para la aplicación de este «lenguaje arquitectónico». El mismo L. B. Alberti en 1485 escribió: «Al buen constructor le importa más que elegir los materiales más aptos, utilizar de la manera más oportuna y provechosa los que tiene a su disposición».[23] Por lo tanto el constructor, para mantener el carácter económico del refugio debería buscar el material en el lugar, sin la intervención de servicios, como el transporte, que aumentarían los costos de construcción.

Los muros en seco deben su propia estabilidad al mutuo apoyo de la superficie rugosa de los bloques, a los fragmentos de piedra posicionados en los intersticios de los bloques y a que éstos estén colocados ligeramente inclinados hacia el interior de la pared, determinando la conformación escarpada.

No olvidemos que los «trulli» se debían construir en ámbito rural y servir como reparo a los campesinos, pastores y al ganado, para la custodia de herramientas y la elaboración de los productos caseros; tenían que adecuarse al clima, tenían que ser construidos recuperando los materiales ofrecidos por el terreno y tener en consideración experiencias constructivas, no de maestros especializados, sino de campesinos y pastores que perpetuaban técnicas constructivas arcaicas.

En general el «trullo» presenta una planta circular exteriormente y cuadrada internamente, a la cual se empalma, con «pennacchi»,[24] a partir de 1,80 m del piso, una cúpula con una circunferencia como directriz y una curva que se aproxima a una hipérbole como generatriz. En los «trulli» menos antiguos la planta es cuadrada; los muros perimetrales, internamente perpendiculares y escarpados en el exterior son altos 1,60-2,00 m; el espesor, hoy de 0,80 m, antiguamente era de más de un metro y a veces alcanzaba los 3 m, hecho, éste, que permitía tener temperaturas constantes en el interior del edificio. En cambio, los caracteres tipológicos que se repiten son una sala central cubierta con una pseudocúpula, que corresponde a un techo cónico en el exterior, equipada con bancos y nichos para colocar objetos, sobre la cual se asoman la zona de la chimenea para la cocción de los alimentos y para calentarse, uno o dos vanos menores para las camas, difícilmente cubiertos por conos pero generalmente por protuberancias y sattos empalmados al cono principal con una geometría compleja, determinando uniones con las líneas del alero con andadura altimétrica variable, si no cubiertos con bóveda de canón. En un un espacio de 20-25 m^2, el «trullo» contiene el máximo de funciones, asegurando el máximo aprovechamiento del espacio.[25]

El «trullo» constituye una etapa fundamental en la historia de la técnica de albañilería. Dos son las estructuras espaciales que definen el volumen del edificio en el exterior y en su interior, en modo independiente. Ellas se diferencian también por la partición y la forma geométrica de las piedras con las cuales están realizadas, tratándose, sin embargo, casi siempre, en piedra calcárea sin legante alguno, resistente por el mutuo contraste de los bloques y por las pequeñas piedras que llenan los intersticios entre ellos. Los bloques, de distinto espesor y dimensión, vienen así empleados: los más grandes para las aristas de la parte inferior de la estructura externa y para cantoneras y arquitrabes de puertas y ventanas; los de tamaño medio para los muros; las láminas de espesor medio o «chianche» para pisos; las láminas delgadas o «chiancarelle» para la cubierta.[26] (figura 5) En el interior el espacio está constituido por hileras sucesivas de piedra de dimensión semejante dispuestas casi

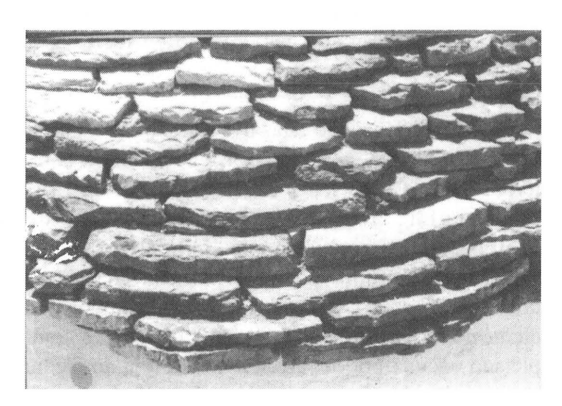


Figura 5

perpendiculares a la directriz planimétrica hasta la altura del arquitrabe del arco de ingreso, a partir de la cual disminuyen los diámetros de las hileras de piedra componiendo un volumen cónico. En el exterior, en cambio, la estructura se presenta más heterogénea por la variedad de la forma geométrica y de las dimensiones de las piedras. Aquí se lee una gran diferencia entre la parte inferior y la cubierta. Para mejorar la estabilidad de la estructura, el muro de la parte inferior es escarpado y está constituido por bloques más grandes para encuadrar los vanos de las aberturas y, eventualmente, las aristas en la intersección de los lados en caso de planta cuadrangular. Siempre en el exterior, la cubierta domina la parte basamental, generalmente cónica, y realizada con láminas de piedra calcárea: las «chiancarelle», cuya puesta en obra asume fundamental relevancia para la impermeabilización del manufacto y para la recolección de las aguas pluviales, importante, dada la exigüidad de recursos hídricos en el territorio. Estas dos partes —basamento y cubierta— están separadas por un encastre constituido por una especie de alero inclinado a lo largo de todo el perímetro del edificio para recoger las aguas, encanalándolas en un tubo en el interior del muro y después en una cisterna bajo tierra, o por un voladizo de las primeras hileras de «chiancarelle». Estas láminas de piedra calcárea de espesor variable entre 0,03 m y 0,07 m, obtenidas con hendeduras en cantera, están dispuestas una sobre las otras según hileras circulares inclinadas alrededor de 15-20 grados respecto a un hipotético plano horizontal y según un alineamiento irregular respecto a las juntas de unión de las láminas que están debajo, impidiendo así la infiltración de agua pluvial en el interior del edificio. Sea interiormente que exteriormente las paredes se blanquean con cal, creando un fuerte contraste con el gris oscuro de la cubierta, debido al contacto con los agentes atmosféricos (figura 6).

La independencia de estas dos estructuras espaciales —externa e interna— se consigue gracias a la interposición de pequeñas piedras y adoquines. El sistema anular bastante rígido gracias al mutuo contraste de los bloques a una cierta altura realiza una abertura mínima que se cierra con una piedra como clave. Las láminas están bloqueadas por un elemento cuspidado que en el exterior aparece completado encima por la característica esfera de piedra o pináculo, de distintas formas. Los pináculos en forma de disco o de esfera se enlazan al culto solar profesado por los pueblos primitivos orientales; en los «trulli» menos antiguos las formas de los pináculos están más cercanas a las características de las religiones sucesivas. Estos, por lo tanto, no tienen una función específica, pero sirven solo para satisfacer exigencias de orden estético-espiritual del propietario-constructor. El arte primitivo de los «trulli» se hace más clara en las figuras simbólicas, en los monogramas y en los emblemas trazados con leche de cal sobre el dorso de los techos cónicos. Se trata de símbolos de naturaleza religiosa cristiana o pagana, primitivos, mágicos o grotescos. El «trullo» que con su perfil aguzado tiende hacia arriba, puede ser considerado la primera expresión de la edilicia simbólica y de la tendencia del hombre primitivo hacia lo trascendental, junto a menhir y dolmen, también ellos presentes en Pulla (figura 7).

Los muros perimetrales están constituídos por dos paredes de piedra con estructura horizontal, sin le-

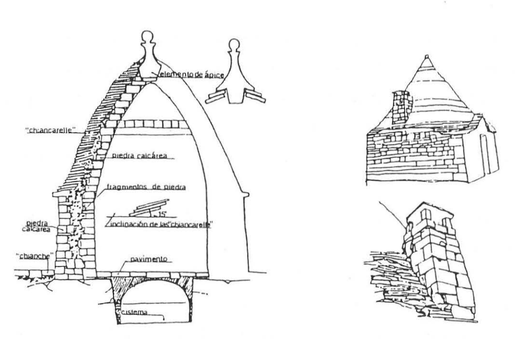
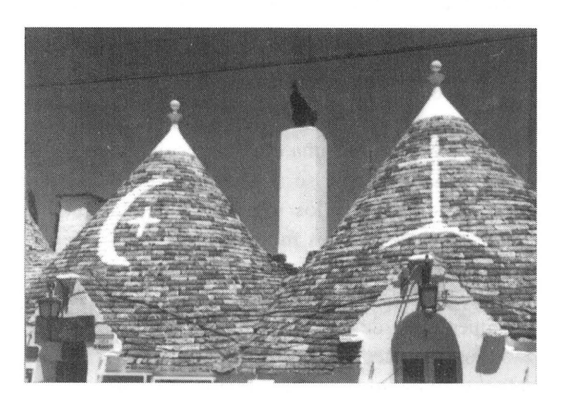


Figura 6
Las dos estructuras: la exterior y la interna


Figura 7

gantes con un intersticio formado de pequeñas piedras y tierra desmenuzada. En el interior del intersticio el relleno tiene el deber estático de hacer de contrapeso a las salientes internas de la bóveda. Lo que explica el gran espesor del muro relevable en este tipo constructivo.

Los cimientos, profundos 50-60 cm, están recavados en la misma roca de la cual se extrae el material de construcción y se reviste con piedras cementadas de puzolana. Una cisterna cubierta con bóveda de cañon, en la cual se encanalan las aguas gracias a la forma particular de la cubierta, encuentra lugar en el espacio hueco debajo del edificio. La pavimentación del «trullo», en la parte central, apoya sobre la cubierta de la cisterna, mientras en la parte periférica sobre un sobresuelo alto casi 40 cm. Las puertas arcaicas eran trilíticas, compuestas de dos jambas y del arquitrabe; más tarde el ingreso se caracteriza mediante un arquitrabe y por encima un arco para descargar tensiones. En general, el ingreso modifica la forma cónica de la cubierta determinando una sobreelevación del manto de la cubierta concluido con dos faldas como techo, forma, ésta, que con el pasar del tiempo se modificó asumiendo el aspecto de un pequeño frontón. Las chimeneas generalmente se encuentran en la concavidad de la parte alta y recubren los ambientes destinados a los «focarili»;[27] los más antiguos de éstos están formados por un paralelepípedo de base cuadrada sobre el cual apoya una lámina de piedra que deja libres agujeros para la aireación. En el caso de «trulli» gemelos, la cancavidad interpuesta se colma formando un «trullo» doble, en forma de conoide con sección elipsoidal (figura 8).

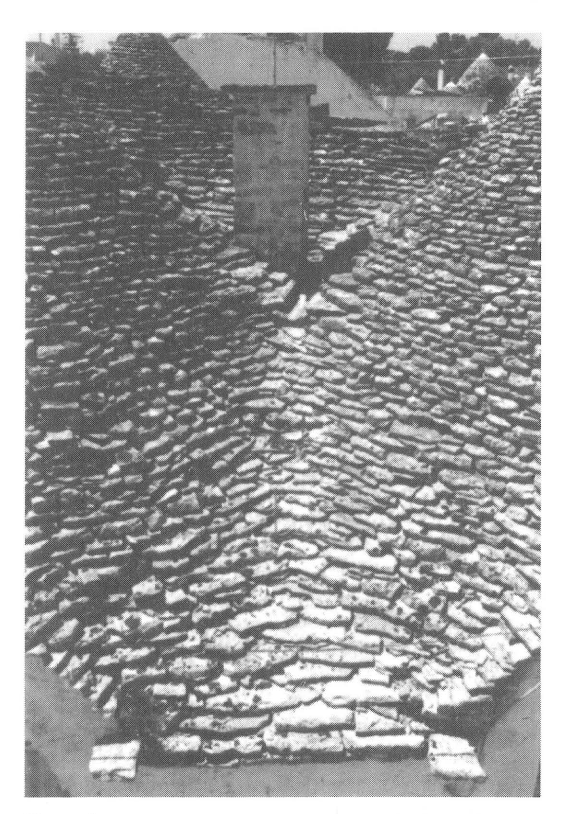


Figura 8

El esquema constructivo es simple y repetitivo.

El sistema de la cubierta con elementos en contraste según aros horizontales viene comúnmente llamado también «pseudocúpula», del cual los «trulli» constituyen el ejemplo viviente más conspicuo.[28] Tales cubiertas están formadas por capas circulares y superpuestas de ménsulas, gradualmente salientes hacia el interior, contrastándose por su forma trapezoidal en plano, las cuales están imposibilitadas de caer sea por el peso superior que por el cierre con aros y por el hecho que al cierre de cada aro sigue el contrafuerte necesario para su estabilidad. Tal sistema presenta también las ventajas de mínimo costo, semplicidad de construcción sin el auxilio de cimbras, durabilidad e ininflamabilidad. Por esta característica del contraste según planos paralelos horizontales, al contrario de aquella propia de las cúpulas del contraste según planos meridianos, que tal tipo de cubierta se define «pseudocúpula», por la diferencia de comportamiento estático (la pseudocúpula no transmite acciones tendientes a invertir el sostén en el exterior) y el parecido esterno del manufacto. Más correcto aparece, según Chierici,[29] hablar de bóveda inerte por la falta de inerte y del sistema de fuerzas que garantizan la estabilidad. Los parámetros constructivos que están en la base de la definición del espacio interno de los «trulli» son la búsqueda de un constante orden estático a medida que las hileras lapídeas vienen puestas en obra en manera consecutiva. Esto comporta la imposibilidad de definir el espacio contenido antes que la obra haya sido terminada y de tener, así, dos obras idénticas. La colocación de los bloques que componen cada una de las filas, en progresiva saliente, es inclinada hacia el interior del edificio, mejorando de tal modo el encastre entre los bloques de cada anillo, y haciendo dis-

minuir la parte en voladizo de cada bloque, realizando un muro sin asperezas. Los enlaces entre parte basamental y cúpula de un mismo espacio interno están resueltos con ménsulas angulares o de «pennacchi». A la disminución de las tensiones contribuye el perfil realzado y parabólico que nace de la necesidad de limitar la saliente en forma de ménsula de los bloques que —como se sabe— aumenta cuanto más el perfil está rebajado, elevando la relación entre altura del estrato y la saliente correspondiente. De aquí el perfil gradualmente levantado hasta el cierre en clave.[30]

Notas

1. No existe el correspondiente en lengua española de este vocablo.
2. La península que se encuentra a S-E de l'Italia y comprende la provincia de Lecce y parte de las provincias de Brindisi y Taranto.
3. Los «Messapi» eran una población que habitaba la zona meridional de la Pulla.
4. Según los antiguos, los Pelasgios eran una población que habitaba la Grecia y otros territorios en un período anterior a la inmigración en la Grecia de los helénicos.
5. Cfr. Pagano, G., Daniel, G., *Architettura contadina di Puglia,* Genova, 1960.
6. Se trata de la tumba subterránea construida en la ladera de una colina, constituida por una sala redonda, de altura y diámetro igual a 14,50 m, y por paredes circulares compuestas de 33 aros de piedras con diámetro decreciente, partiendo desde la base hasta el vértice, formando una gran cúpula cónica, recubierta en el exterior de material terroso en forma de túmulo, como en los dólmenes.
7. Cfr. Notarnicola, G., *I trulli di Alberobello,* Ed. Levante, Bari, 1983.
8. De derivación del término latín *specula*, de significación indeterminada e incierta datación, como observa D. Novembre en *Ricerche sul popolamento antico nel Salento con particolare riguardo a quello messapico,* Milella, Lecce, 1971. No existe el correspondiente término en español, ya que es peculiar de la Pulla y usado para indicar grandes cúmulos cónicos de piedras irregulares, con base de diámetro variable, de 4 a 12 m e altura de 14 m.
9. Estos son constituidos según una estructura troncocircular cubierta a tholos: frecuentemente una escalera en el espesor del muro conduce a una celda superiora más pequeña (de la fin del neolítico al VI-III sec. a.C.).
10. En la isla de Pantelleria los sepulcros son con túmulos elípticos que recubren de 2 a 12 celdas sepulcrales en forma de pasillo dispuestos en manera radial. La cubierta de las celdas es una pseudocúpula con una altura máxima de 1,80 m.
11. El vocábulo «kurgan» índica las tumbas de las culturas de las estepas en época protohistórica, subterráneas, con techo constituido de lastras de piedra sobre túmulos de tierra.
12. Se trata de túmulos megalíticos escalonados.
13. Es un tipo de torre tronco cónica, cubierta con la misma técnica en voladizo que parece hubiese tenido funciones sepulcrales.
14. Cfr. Allen, E., Pietre di Puglia. *Dolmen, trulli e insediamenti rupestri,* M. Adda Ed., Bari, 1969.
15. Cfr. Simoncini, G., *Architettura contadina di Puglia,* Genova, 1960.
16. Además, históricamente, la necesidad de una vivienda permanente o por lo menos prolungada a los meses de verano se manifiesta, a partir del siglo XVII, con la explotación agrícola de los bosques mediante contratos «de mejoría», con la eliminición de las piedras y el arreglo en forma de terrazas recintadas, que definen un campo «urbanizado», donde muros bajos en seco y casas son realizados explotando el mismo material proveniente de la excavación, integrándose perfectamente en el ciclo económico existente en la zona.
17. Cfr. Simoncini, G., *op. cit.*
18. Cfr. Notarnicola, G., *op. cit.*
19. Cfr. Zevi, B., *Dialetti architettonici,* Newton Compton s.r.l., Roma, 1995.
20. Cfr. Mongiello, L., *Trulli e costruzioni a pignon,* M. Adda Ed., Bari, 1992.
21. Cfr. C. Speciale Giorgi, P. Speciale, *La cultura del trullo,* Schena ed., Fasano, 1989.
22. *Ibídem*
23. Trad. de Alberti, L. B. *De Re Aedificatoria,* Testo latino e traduzione italiana a cura di G. Orlandi, Il Polifilo, Milano, 1966, Libro I, pág. 12.
24. El «pennacchio» es un elemento de enlace entre una estructura de apoyo a planta regular y una cúpula que la domina.
25. Cfr. Esposito, G., *Architettura e storia dei trulli,* Roma, 1983.
26. «Chianche» y «chiancarelle» son vocablos del vernáculo pullese que no se pueden traducir en español.
27. Término sinónimo de hogar.
28. Según las afirmaciones de Berucci, M., en el IX Congreso Nacional de Historia de la Arquitectura, realizado en Bari en 1955.
29. Cfr. Chierici, G. «I Trulli in pericolo», en *Palladio* n.II-III, 1951.
30. Para profundizar el tema se aconseja ver:

«Sampaolesi, Strutture a cupola autoportanti», en *Palladio*, n. XXI, 1971 I-IV
Radicchio, G., «I Beni Culturali. Questioni relative alla catalogazione e alla valorizzazione». *Scritti* 1976-1984, Laterza, 1995.
Berucci, M., «Considerazioni sulle pseudovolte», en A.A.V.V. *Atti del IX Congresso Nazionale di Storia dell'Architettura,* Bari 1955, Centro di Studi per la Storia dell'Architettura. Roma, 1959.

Espacio y Simbolismo

Gabriel Villanueva Domínguez

El hombre, desde sus orígenes, se caracteriza por la creación de símbolos, ya como un sistema de gestos trazados con las manos, o como elementos artísticos que forman parte de la decoración.

En los comienzos de la expresión humana, así como en el Arte Popular actual, la diferencia entre Arte abstracto y figurativo no existe. Para el artista popular, cuando traza un círculo u otro elemento geométrico, el símbolo se halla siempre lleno de significado, nunca es arbitrario.

Vamos a analizar en principio dos cuestiones: por un lado los modelos simbólicos espaciales que, según las diferentes culturas, determinan una visión del mundo: una forma de analizar el espacio y el tiempo, para así poder relacionar entre si, no sólo los objetos, sino los conceptos.

Básicamente tenemos cinco esquemas principales:

El Mankala (nombre de un antiguo juego africano, posiblemente egipcio) es un diagrama lineal, basado en un tablero de surcos de siembra. La visión primitiva no observa todavía tensiones ni cambios en el tiempo.

El Hirmingul (nombre germánico de la columna que sustenta el firmamento) es un diagrama Vertical, que expresa relaciones orgánicas y jerárquicas.

El Mandala (nombre hindú de los diagramas circulares) representa un esquema Circular o polar, en el que el campo de fuerzas dimana de un centro, y surge el Tiempo cíclico expresado en su giro, y es fundamental en la filosofía oriental.

El Ashtapada (nombre sánscrito del tablero de ajedrez), representa los modelos ortogonales, cuadrados o cartesianos, que desde Descartes son el fundamento de la visión del mundo occidental.

Por último el Grial, es el esquema autocontenido propio de los seres vivos y las partículas, que en cada elemento poseen información de la totalidad. El hombre los intuye desde las espirales celtas, pero hoy se encarna en la moderna geometría fractal y las teorías del caos.

En la construcción se utilizan sobre todo esquemas ortogonales, pues la edificación sedentaria con un mínimo de decoro lo exige, aunque ésta convive con los elementos circulares. El elemento circular es el protagonista de los monumentos y templos megalíticos, y más adelante el levantamiento de cúpulas se basará en el Octógono, que es un esquema claramente de carácter polar.

El Urbanismo tendrá también un carácter fuertemente ortogonal, sobre todo desde la fundación de ciudades romanas e hispanas, pese a su cuestionamiento posterior, principalmente por Le Corbusier.

Por último se estudian unos elementos característicos del Arte Popular Occidental, constituídos por símbolos presentes en la Construcción y Artes Decorativas: discos, cruces, espirales y estrellas, analizando su Historia, y su significado y contenido cultural.

ESPACIO Y SIMBOLISMO

La adquisición de la razón

El hombre dispone de una capacidad innata para reconocer y reproducir la forma de los objetos que vé.

Los mamíferos superiores reconocen las formas mediante un análisis vectorial. En primer término es fundamental distinguir la Figura del Fondo que la rodea, generalmente mediante el contraste de luminosidad. Luego son los músculos que orientan el ojo quienes determinan unos vectores con su movimiento, los cuales son analizados por la red neural del cerebro, y comparados con la información allí existente. Nuestro cerebro analiza y compara las formas de modo analógico: no con critrerios absolutos, sino de «se parece mas o menos». Por supuesto gracias al Tacto la información se puede hacer más completa.

Pero otras formas ya estandarizadas, por ejemplo, las letras y las palabras enteras en el hombre, son procesadas de golpe como «matrices de vectores» en la retina, sin necesidad de seguir los rasgos uno por uno.

Esto otorga al hombre la capacidad de equiparar unas formas a otras, y es la base de los llamados «test proyectivos»... podemos ver formas no sólo en las manchas de tinta, sino también en las nubes y en las formas que nos brinda la Naturalaleza, como los accidentes geográficos. Por ejemplo, la «mujer muerta» de Segovia, las «hermanas» de Irurtzun o el «ratón» de Getaria. Incluso yendo más allá, el monumento a Victor Manuel en Roma es conocido popularmente como «la máquina de escribir».

La vectorialidad del análisis nos permite además reconstruir líneas en base a puntos que se unen entre sí, lo que nos permite ver formas donde no las hay, por ejemplo, las Constelaciones del firmamento.

Pero la capacidad del hombre viene dada por la posibilidad de alterar la forma del objeto a sus fines. Un niño pequeño juega simplemente a que una caja es un coche, pero más adelante, le pinta las puertas, ventanas y ruedas.

El trabajo humano se basa en la construcción de las herramientas, no nos limitamos a tomar un palo tal cual, sino que lo cortamos y afilamos para adaptarlo a una tarea concreta. Del mismo modo, el hombre primitivo no se limitó a ver el parecido entre una piedra y un ciervo, sino que la talló para reproducir la forma idónea. Así nació el Arte, al ser capaz el hombre de interpretar y reproducir la forma de las cosas.

La racionalidad del hombre viene dada por el desarrollo de sus manos y por el lenguaje, pues no hay pensamiento racional sin lenguaje. El hombre ha desarrollado —generalmente en su hemisferio lateral izquierdo— la capacidad de unir conceptos simples en el hilo de un discurso lógico. Pero hemos de plantearnos cómo surge ésta capacidad.

Planteamos que el lenguaje verbal es una capacidad adquirida tardíamente, en base a unas extructuras lógicas desarrolladas mediante el lenguaje gestual y mímico, y ello por varias razones:

- muchos hombres, sordomudos, adquieren la racionalidad y la desarrollan mediante el lenguaje gestual.
- los pueblos amerindios guardan la tradición de la antiguedad del lengaje gestual, anterior al verbal, y lo siguen utilizando.
- los primates superiores son capaces de aprender un lenguaje humano gestual, no verbal.
- el gesto tiene un significado directo, mientras que la palabra es arbitraria.

Por todo ello, el hombre ha utilizado símbolos desde los primeros tiempos, trazándolos ya con sus dedos o con sus punzones o pinceles... primero surge el símbolo y el lenguaje simbólico, y a partir de él, se desarrolla el lenguaje hablado y, mucho después, la escritura.

Para conocer e interpretar el mundo, el hombre necesita plasmar las relaciones geométricas, partiendo de la conciencia del propio cuerpo.

Ya en el Arte primitivo, junto a formas figurativas aparecen elementos cuyo significado se nos escapa... círculos, espirales, cruces... Se repiten en uno y otro lugar, de una cultura en otra, hasta surgir inquietantemente en los monumentos religiosos de una y otra época, y aparecen profusamente en el Arte popular europeo hasta la actualidad.

A lo largo de éste trabajo veremos que el símbolo, aún como mero elemento decorativo, nunca es arbitrario, sino que está siempre lleno de un profundo sentido que debemos descubrir.

Cinco modelos espaciales

...la guerra entre Celtas y Romanos
lo era en realidad entre el Dios-Estado
y una comunidad de personas libres.
Entre un mundo rectangular y sólido
constituído por pequeños cubos
y un mundo fluído, lleno de sueños espirales de fantasía.
Esta guerra está perdida, por el momento

Alan Stivell.

El símbolo es fundamental para la transmisión del conocimiento, y además ofrece unos modelos espaciales que permiten relacionar entre sí no sólo los objetos, sino algo más importante, los Conceptos.

En base a modelos simbólicos podemos analizar el mundo que nos rodea, y adquirir una Visión de él. La visión del mundo depende del estadío cultural de la sociedad.

Lo más importante es la impresión subjetiva del Tiempo:

– en un estadío primitivo, el Tiempo no existe, el mundo «real» ha sido ya dispuesto de una manera inmutable, fija y lineal. Hay un estado caótico previo, llamado el «Tiempo de los Sueños» en el cual las divinidades crean el Mundo, y volvemos a él durante el sueño o al fallecer.

– en una sociedad chamánica, el Tiempo existe como «eterno retorno», como el ciclo de los astros y los seres vivos que nacen y mueren una y otra vez, prisioneros de un círculo intangible.

– en las sociedades sacerdotales y modernas, el Tiempo ya se ve como avance hacia una Redención, o como un cambio hacia una sociedad mejor o alternativa. Esto es, se vuelve lineal y toma un sentido hacia adelante.

Básicamente proponemos cinco modelos simbólicos de visión espacial mediante los que el hombre estructura una visión del mundo y un esquema para relacionar los seres y los conceptos entre sí:

Mankala: modelos lineales u horizontales.

El nombre viene dado por el juego africano de los «surcos de siembra», en el cual hay un tablero de varias filas de cajas, por el que se van distribuyendo y capturando semillas.

Supone un modelo inmutable e intemporal, en el que los conceptos son clasificados al mismo nivel sin jerarquía ni tensión. Es el primer «intento» de observar y clasificar la realidad en la sociedad primitiva... en el Arte se plasma mediante la decoración simple de cuerdas, franjas, líneas de puntos, etc.

Da pié a juegos sencillos con un tablero lineal, por ejemplo el juego egipcio del «perro y el chacal» o Senet... y al propio mankala.

Hirmingul: modelos verticales, jerárquicos u orgánicos.

El nombre viene del mito germánico de la columna que sujeta la bóveda celeste. Los antiguos pueblos nómadas de Eurasia imaginaban la bóveda celeste como una tienda sujeta por un mástil central.

Es un modelo de verticalidad, plasmado en varios mitos, como Atlas, el arbol del rayo, la Torre de Babel, el puente del Arco Iris... Supone una ordenación del Espacio en Arriba, la Tierra y Abajo, pero el Tiempo aún no aparece. Toda Jerarquía impuesta conlleva tensiones y enfrentamientos, pero el Cambio aquí no es capaz de plasmarse.

El mástil se puede plasmar como Hombre o como Arbol. Un mito muy generalizado es el del Gigante que hace nacer de cada parte de su cuerpo una parte del Mundo o una de las Castas de la sociedad... así de la cabeza de Brahma nacieron los Brahmanes, y de sus pies los Parias.

El modelo Hirmingul tiende a justificar y perpetuar la jerarquía social, y el caso más claro son los simplistas símbolos fascistas de verticalidad: fascio littorio, haces de flechas, dobles hachas, etc.

Otra función del Hirmingul es la de establecer estelas de límite entre las tierras cultivadas, separadas por caminos y encrucijadas. A veces se les dá un significado fálico, ligado a la fecundidad de la Tierra.

Como Árbol, tiene muchas interpretaciones, entre ellas la relación del Conocimiento con el Dolor. Buda obtiene el conocimiento sentado al pié del árbol de Bodhi, y Odín colgado del árbol Ygdrasil, sin olvidar las iniciaciones chamánicas y sus pruebas de resistencia al dolor. La Serpiente, en éste marco, se relaciona con la vitalidad de la Tierra y la tensión que provoca la imposición de la jerarquía.

Su modelo más elaborado es el «arbol sefirótico», utilizado por los Kabalistas para explicar el proceso de la Creación, desde la emanación de lo más profundo de la existencia divina hasta su plasmación en la Materia.

El modelo jerárquico es el más adecuado para hacer «índices», para clasificar elementos entre sí, y así ocurre en cantidad de estudios científicos y sociales, en los que se hacen clasificaciones y diagramas en árbol. No olvidemos los Totem, diagrama vertical de los antepasados-animales de un clan primitivo, ni nuestros «pedigrís» y árboles genealógicos.

Como elemento decorativo, da lugar a cantidad de cruces, lábaros y estandartes, y elementos verticales de todo tipo. Da pié a juegos infantiles como la Rayuela.

Mandala: Modelos circulares, polares o cíclicos.

El Mandala es la plasmación geométrica de los procesos cíclicos. Supone un Modelo del Universo, en el cual se parte de un Centro y se plasma un modelo de un círculo con cuatro, ocho, o más direcciones radiantes.

Surge del modelo anterior Hirmingul, pues el polo vertical se transforma en un eje de giro. La Cruz, con sus cuatro direcciones, también puede ser base de un centro de polaridad.

El círculo es algo que viene dado al hombre por la Naturaleza, en la forma y el ciclo de la Tierra, la Luna, el Sol, los demás astros, los cráteres y los seres vivos. Incorpora el Tiempo pero desde un punto de vista cíclico, volviendo siempre al mismo lugar.

Su aplicación principal, la Brujula, se desarrolló en China, pero el modelo en que se apoyan la brújula y el sismógrafo chinos que es el esquema de ocho direcciones o PA-QUA, procede de los mandala desarrollados en la India y el Tibet. El Mandala es el fundamento de la Ciencia Oriental, que tanto se aproxima a la Física actual por su intuición del concepto de Campos de Fuerza.

Las Artes Marciales suponen un estudio profundo del espacio y del movimiento, y se basan profusamente en las direcciomes del Octógono-Mandala, aunque también emplean esquemas cuadrados y triangulares.

No olvidemos tampoco los trabajos de los astrónomos egipcios, babilonios y persas, que nos dieron el Zodiaco y la trigonometría... ni a los astrónomos de la Europa primitiva y la América precolombina.

Los diseñadores vascos actuales, como Nestor Basterretxea suelen trabajar sobre superficies circulares, pues ello da un gran sentido de síntesis de las imágenes.

Modelos circulares claros los tenemos en los relojes, el Zodiaco, la cerámica y cestería, los juegos del parchís y el backgammon, la rosa de los vientos...etc.

Ashtapada: Modelos cuadrados, ortogonales o cartesianos.

Ashtapada es el nombre sánscrito del Tablero de Ajedrez. Se basa en la combinación de lo horizontal con lo vertical. La Cruz comienza siendo un modelo vertical, pero pasa a definir un polo radiante en el modelo Mandala, o en el modelo Ashtapada, el origen de coordenadas de una superficie.

Lo circular viene dado por la Naturaleza, pero la obra del hombre tiende a la ortogonalidad. La cerámica y cestería comienzan siendo circulares, pero la carpintería más rudimentaria exige formas cuadrangulares. La superficie cuadrangular es la más apropiada para la escritura. La edificación del hombre sedentario, en base a pisos y muros, exige nivel y plomada, y el reparto de tierras y casas exige una agrimensura ortogonal.

Esta ortogonalidad se plasma y generaliza en la civilización griega y romana, en correlación con unas instituciones y legislación lógicas y planificadas. En el Renacimiento se plasma el estudio de la Perspectiva.

Pero su generalización matemática y filosófica se debe a Descartes, con su pequeño tratado «la Geometrie», base de la actual geometría analítica, y en gran parte de la Ciencia y Cultura occcidental moderna, que se fundamenta en la visión cartesiana del mundo. Hasta nuestros días, en los que Chomsky desarrolla una Linguistica cartesiana.

La ortogonalidad introduce la noción de volumen, del Cubo: añadiendo una tercera dimensión al añadir una tercera perpendicular, y abre la posibilidad de seguir hasta un mayor número de dimensiones. Por otro lado, incorpora el Tiempo como un valor lineal más, rompiendo el círculo infernal del «eterno retorno» en que los esquemas cíclicos lo encierran. Las fuerzas se pueden estudiar como vectores lineales en función del tiempo.

No obstante, los vectores y números complejos pueden estudiarse de dos maneras: de forma lineal, o bien de forma Polar, con un Módulo y un Argumento. La visión cíclica nos es útil para estudiar funciones circulares, que en Física corresponden a Movimientos Armónicos: ondas, spin, campos de fuerza... ambos puntos de vista se complementan.

En resumen, mientras la Ciencia y la Filosofía Oriental se centra en los diagramas polares, en Occidente se incorpora la ortogonalidad, que da pié a la visión lineal y mecanicista de Descartes, Newton y Mach... al papel cuadriculado y a las pantallas y bancos de memoria informáticos. El modelo «cuadriculado» da una visión del tiempo lineal y mecanicista, hostil a las transformaciones sociales, y hoy superado por la propia Ciencia.

En Decoración origina todo tipo de enlosados, mosaicos, frisos, tejidos, etc. El modelo se expresa en juegos de tablero superficial desde la Edad Antigua, como los tres en raya, molino, asalto, go, y por supuesto el Ajedrez. Vemos que las versiones primitivas incorporan líneas diagonales, y aparecen trazados en las construcciones de forma precaria y marginal.

Grial: modelos autocontenidos, autosimilares, holográficos o fractales.

El Grial nace como mito céltico en base al Caldero de Lug que procuraba la transformación e inmortalidad a quien pasaba por él, aunque luego el mito se adaptó a un marco cristiano. Se parte de la base de que «lo que está arriba es como lo que está abajo». El Hombre es un microcosmos, copia y reflejo del Universo, y es capaz de interpretarlo y reproducirlo.

Los antiguos se fascinaron por el hecho de que, de un huevo en apariencia inerte, similar a un mineral, pudiera nacer un animal formado... un aforismo clásico en Biología proclamaba «omnia vivum ex ovo».

En efecto, característica de los seres vivos es su capacidad de reproducir copias de sí mismos, guardando en cada pequeña célula información de la totalidad del ser vivo. Y se plasmó en numerosas imágenes: el caos, la serpiente originaria que se muerde la cola e incuba el mundo primario incandescente, la Espiral. Las espirales pasan del Mandala al Grial.

Cualquiera que estudie fotografías aéreas verá que mientras las obras humanas siguen patrones geométricos simples, fundamentalmente rectas y cuadrados, la Naturaleza sigue patrones aleatorios o autorrepetitivos de tipo fractal.

Ya en algunos modelos decorativos antiguos se buscaba repetir un elemento una y otra vez, para que su forma llenara una superficie: espirales, triskeles y decoración de nudos en los manuscritos iluminados celtas, frisos estrellados islámicos, etc.

Borges, en base a la Kabala, extrae el concepto del «Aleph», la primera letra, el punto que contiene a la totalidad, en una creacion meramente teórica y literaria.

La Biología descubrió la clave de la reproducción y la evolución, y se vió que tanto los seres vivos, como los hologramas (figuras multidimensionales obtenidas con láser), como la red neural del cerebro, como las partículas elementales... eran capaces de guardar en cada parte información de la totalidad.

Pero fué Benoit Mandelbrot quien con su Teoría de los Fractales nos dió un modelo matemático e informático que nos permite una Visión del Mundo acorde con las aportaciones de todas las ciencias modernas, hasta analizar el caos y comprender la «Necesidad del Azar»

En resumen: cada parte de un todo está relacionada con el resto, y contiene información de la totalidad. El Tiempo deja de ser lineal, pues cada parte en movimiento va unida a su propio espacio y su propio tiempo.

El cuadrado y el círculo.

Hemos visto ya los modelos espaciales básicos, y vamos a analizar cómo se plasman en el Urbanismo, la Construcción y los elementos decorativos.

La Naturaleza brinda al hombre gran cantidad de formas circulares: no sólo los ciclos astronómicos y la forma de los astros, sino que la forma esférica aparece en muchos seres vivos y objetos manufacturados: cerámica, rueda de carro, torno... Pero junto al modelo circular surge la necesidad de lo cuadrado en la obra humana. El tejido impone un trabajo de urdimbre y trama, la escritura prefiere una superficie cuadrangular, y sobre todo la construcción del hombre sedentario, con un mínimo decoro y comodidad, exige un trabajo perpendicular de nivel y plomada.

Para los antiguos griegos, la Geometría era una parte principal de la formación del filósofo, desde

que Platón fundara la Academia. En la antigua Geometría Hermética se aunaban lo recto y lo circular, trabajaban ambos modelos con la escuadra y el compás.

El mayor quebradero de cabeza lo planteaba la constucción y la agrimensura, sobre todo a la hora de trazar perpendiculares.

Mientras el triángulo es la figura indeformable, un cuadrado se puede transformar en rombo con facilidad. Ya sabemos la manera de reforzar un cuadrado mediante triángulos, poniendole unos refuerzos diagonales... como el tres em raya.

Asi trazaban un triángulo rectángulo para definir la perpendicularidad. Los agrimensores egipcios conocían la fórmula empírica de 3-4-5, pero el desarrollo del Teorema de Pitágoras supuso un vuelco fundamental, pues hasta hoy supone una definición de la Perpendicularidad. Por otro lado, el hallazgo de las raíces y de Pi supone trascender el concepto primario del número natural.

El rectángulo es una figura que el hombre analiza con facilidad y considera como bella. Sobre todo algunas proporciones rectangulares se definen como «pregnantes».

Son conocidas la proporción Áurea, basada en la serie de Fibonacci 1-1-2-3-5-8-13-21, cuyo límite es el número Fi. Próxima a ella la relación 1-raíz de 2, usada en Artes Gráficas que permite que medio folio tenga la misma proporción que un folio...

Los Romanos, dedicados a imponer las nociones jurídicas de que estaban imbuídos, tuvieron poco aprecio por la Geometría y la Ciencia en general, más allá de sus aplicaciones inmediatas.

Aplicaron profusamente el concepto de perpendicularidad para su división de fincas y casas, base de su urbanismo.

Para que podamos hablar de urbanismo es necesario que haya un estudio, tanto técnico como legal, de la planificacíon global de las poblaciones, y ésto fué la gran aportación de Roma. Así en el Foro, o centro de la población, se trazaban dos perpendiculares, el Cardo y el Decumano máximos, a partir de las cuales se trazaban paralelas, con el fin de dividir un terreno en parcelas cuadradas... siguiendo el modelo de un Campamento militar de tiendas rodeado de una muralla cuadrada.

Este modelo romano cuadrado se siguió utilizando a veces en la Edad Media, sobre todo en las «Bastides» francesas, pero primó un trazado urbano irregular. El trazado perpendicular se recuperó plenamente más tarde, sobre todo en las fundaciones hispanas en América, en torno a una Plaza de Armas central cuadrada. En Occidente se distingue entre «Plaza» como nudo de comunicaciones —«Circus»,etc— ...y plaza pública cuadrada cerrada al tráfico —«Square», «Enparantza»—.

El urbanismo napoleónico combina el trazado perpendicular racional, con el modelo circular de rondas o Bulevares, mientras que de los los países anglosajones parte el concepto de vivienda unifamiliar o «Ciudad-Jardín», hasta llegar a los horribles «adosados» de hoy.

Le Corbusier criticó los modelos cuadrados, tanto el de ciudad jardín como el clásico. Propugnó una construcción concebida como «Maquina para Vivir», poniendo al hombre en contacto con el ciclo solar y las alegrías de la Naturaleza, y para ello propugnó el protagonismo del gran Bloque. Estos se dispondrían de forma funcional y lineal, no enlazados por un tejido urbano sino por vías de transporte público. Rompió con el modelo ortogonal en favor de los otros modelos.

El modelo, al aplicarse, demostró que pese a las comodidades del bloque, éste no puede suplir el espacio cívico que proporciona el tejido urbano: la calle, el barrio, con su identidad y su Historia.

Hoy se propugna aunar las ventajas del bloque funcional y de las manzanas dispuestas ortogonalmente con un sistema de Manzanas abiertas, conservando el tejido social de las calles.

Templos y estelas.

Los símbolos, consustanciales al hombre, le dan unos modelos básicos de visión del mundo que determinan su ciencia y el marco donde vive. Vamos ahora a analizar algunas de sus proyecciones en el Arte y Arquitectura Religiosa y en las Artes Decorativas.

El Arte Megalítico fué traído a Europa por los invasores neolíticos, que aportaron la Agricultura y Ganadería, sus Lenguas caucásicas y camíticas, y su técnica de construcción a base de grandes bloques.

El bloque aislado puede tener múltiples interpretaciones, partiendo de ser un elemento de verticalidad o Hirmingul. Puede ser un símbolo solar, como el obelisco representa un Rayo de Sol. Puede ser un

indicador de cruce de caminos o límite de fincas, que solía acompañarse de un significado fálico de fecundidad.

Pero los bloques se disponen en alineamientos longitudinales o circulares, con el fin de indicar las posiciones de los astros y determinar las observaciones astronómicas. El más célebre es el de Stonehenge, verdadero mandala circular para el estudio del ciclo solar. Los dólmenes y cuevas megalíticos, como sepulcro, utilizaban también un modelo circular, y con el tiempo se pasa al túmulo (y en Egipto a la mastaba y la pirámide).

La aparición de la civilización hace aparecer las religiones sacerdotales, instituídas en torno a los Templos. Un templo es un lugar donde se le ofrece un sacrificio a la Divinidad. Los primeros templos fueron verticales, según el modelo Hirmingul, como los Zigurat babilonios, pero en otros lugares se impone el templo rectangular.

El templo egipcio, de factura rectangular, estaba no obstante ligado al ciclo solar, pues los rayos del sol incidían en el Santuario en determinado momento. El Templo se dividía en atrios y naves, un «Santo» donde entraban los sacerdotes, y un «santo de los santos», separado del anterior, lugar de la divinidad, y donde se custodiaba el Tesoro de la comunidad. Esa misma extructura ortogonal se utilizó en los templos Griegos, el Templo de Salomón y los primeros templos cristianos.

La Basílica es un templo cuadrado inspirado en los edificios civiles romanos. Más adelante, las Iglesias y Catedrales aparecieron cuajadas de simbolismo. El elemento vertical se desarrolla sobre todo en las agujas y los arcos apuntados. La planta toma una forma de cruz, griega, o latina en Occidente. El círculo solar aparece en muchos elementos como los arcos de herradura prerrománicos o los rosetones posteriores.

La cruz se orienta según el Sol a Oriente, e incluso según el punto en que salía el sol el día del Patrón titular. En el crucero se dispone el presbiterio, y los brazos de la Cruz se orientan al Norte, menos iluminado, o al Sur, determinando los lados de la Epístola y del Evangelio.

El Octógono, en Oriente representa el mandala de las ocho direcciones sobre el plano, pero para el arte cristiano supone la transición entre el cuadrado y el círculo, para situar una cúpula sobre un crucero. Es un mandala circular.

Los hitos primeros son el Panteón de Roma, la Tumba de Teodorico en Rávena, la Capilla Palatina de Aquisgrán, y el santo sepulcro de Jerusalem. En Europa los Templarios construyeron templos de base octogonal. Algunos opinan que la iglesia de Eunate en Navarra, es una obra templaria, aunque hay autores que lo discuten.

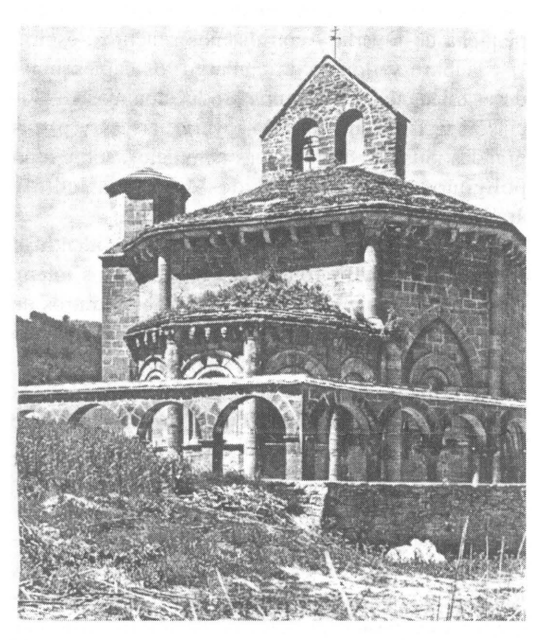


Figura 1
Templo octogonal de Eunate, Navarra

El Arte Islámico adoptó esa forma para sus mezquitas, y ejemplo de ello son la Mezquita de Córdoba, la Cúpula de la Roca, y tantas otras.

Las estelas (en latin, estrella) o lápidas sepulcrales, se difundieron en la Península Ibérica a partir de celtas y latinos, y utilizaron estrellas, mandalas solares y cruces. La mayor personalidad la mostraron las estelas discoidales vascas llamadas Hilarri (piedra de muerto). Llevaban signos como estrellas, discos solares y espirales, cruces y anagramas cristianos, y signos figurativos como animales, armas y herramientas. Esta simbología tiene similitudes con el arte de los celtas y germanos, y ciertos elementos norteafricanos y orientales

El arte popular vasco se expresa en muchos otros elementos, como por ejemplo las piedras del dintel y

escudos, lápidas y esquelas, la Kutxa o arcón tallado con mandalas y frisos, trabajos de forja, los vasos y útiles del pastor, los ajuares bordados en punto de cruz, y el damasquinado.

El Damasquinado, de remoto origen árabe, se practicaba en Eibar entre los maestros armeros, y fué a partir de allí que se estableció en Toledo entre los siglos XIX y XX. Hoy día los damasquinadores vascos realizan una producción limitada, en pieza pequeña de joyería y con diseños sencillos: espirales, lauburu y flores. Sin embargo los damasquinadores toledanos realizan una producción masiva gracias al turismo, incluyendo joyería, armas y platos grandes. Sus diseños son más complejos, sobre todo polígonos y frisos estrellados de origen judío y árabe.

Hablamos por último de los signos de identidad grupal. Los lábaros romanos eran como los totem, Hirmingules o signos verticales con los retratros de los jefes y el Aguila, «animal de poder». Asimismo los pendones y estandartes más antiguos.

Las primeras banderas europeas cuadradas son las escandinavas, todas ellas con una cruz. Más adelante se desarrolla la Cruz de San Andrés, símbolo solar, presente en las banderas escocesa, confederada, inglesa, carlista y vasca.

Los escudos son en un principio el tambor del chamán, que produce un estado de ánimo con su sonido, y brinda una protección mágica ante el peligro, protección que pasa a ser física de hecho. El escudo de armas o blasón europeo se adapta a un esquema ortogonal, dividido en cuarteles donde se reparten los símbolos.

Por el contrario los escudos familiares japoneses o Mon son siempre mandalas circulares de diseño muy sencillo. Emplean símbolos como el Domoe o Ying yang, soles, octógonos y ruedas, triskeles y elementos figurativos como flechas, flores y pájaros.

A mucha gente le ha llamado la atención el parecido entre símbolos y elementos decorativos de Europa Occidental y Extremo Oriente... pero ambas zonas siempre han tenido una comunicación bilateral indirecta, a través de los escitas desde los tiempos más remotos, y luego a traves de Persia y la Ruta de la Seda. Muchos elementos decorativos celtas recuerdan a los de la China predinástica, pero no sólo eso. No olvidemos el hierro, el carro y tantas otras cosas.

Algunos símbolos

El estudio de los símbolos y signos puede ser inagotable: alfabetos y jeroglíficos, mitologías, simbolismo de la Alquimia y de la Magia... Nos tenemos que limitar, por lo tanto, a los más comunes. Así vamos por último a hacer referencia a algunos símbolos que aparecen como motivo de construcción y decoración, para ver cómo están llenos de significado:

Soles y Lunas

Signo claro y evidente, aparece en las pinturas y tallas más antiguas, y luego en el arte religioso y popular. El halo solar de los santos, común a Oriente y occidente, parece ser de origen persa. Aparecen soles y lunas en el arte visigótico y en símbolos populares como el Lábaro Cántabro, formado por cuatro Torques en forma de luna.

Cruces, crismones y anagramas

La cruz, antes del cristianismo fué un símbolo solar. Pero se puede interpretar, como ya hemos visto, como uno cualquiera de los modelos Hirmingul, Mandala o Ashtapada.

La llamada «cruz céltica», presente en la costa atlántica, Inglaterra e Irlanda...no es otra cosa que una cruz cristiana vertical, testimono de la evangelización de una comarca, y el círculo sólo tiene la función de darle solidez para que los brazos no se rompan, pero los brazos son asimétricos. No es un Mandala, como quieren hacer de ella los racistas, al construir su «cruz celta redonda» similar a la svástica, como una más de sus falsificaciones, manipulaciones e ignorancias (Cruz teutónica, cruz flechada húngara, etc)

La cruz egipcia o Ankh no era un símbolo del sol (representado en Egipto por el disco solar), sino de la Vida, el don que otorga el Sol.

La Cruz cristiana adopta cantidad de formas: Griega, Latina, de Lorena, de Malta y otras Ordenes Militares, etc. Unido a la Cruz van los anagramas cristianos Crismón XR, IHS, Alfa y Omega y otros. Se emplean figuras naturalistas incluídas en diagramas circulares: como el Pez (siglas en griego de Jesucristo Hijo de Dios Salvador), el Cordero, la



Figura 2
Cruces célticas, en Irlanda

Paloma, el Racimo de uvas, la Granada, y el Águila (en la península ibérica a partir de los Visigodos).

Svástica

En su origen en Persia fué un Mandala circular que representaba simplemente al Sol. Como tal se difundió ampliamente por Occidente. No obstante Wilhelm Reich nos aporta una teoría personal suya, bastante peregrina, en la que vé una representación sexual de la pareja.

En Europa fué empleada por los primeros cristianos como símbolo solar divino, o como variante disimulada de la Cruz, y tuvo una difusión pequeña.

Los Nazis la aplicaron a sus absurdas teorías racistas y la asociaron a sus actividades, hasta convertirla en el símbolo más execrable y maldito de la Historia.

En Oriente se desarrolló como un símbolo budista de buen augurio la Svástica que giraba en sentido destrógiro, mientras que la de giro levógiro o Sauvástica tenía una influencia negativa. Una escuela de artes marciales japonesa, Shorinji Kempo, la convirtió en su símbolo, y se dió después cuenta de que era mejor no airearla mucho en Occidente...

Rueda de Carro

Un signo muy común, aparece a partir de las pinturas rupestres neolíticas. Tiene un sentido de ciclo solar, de giro y de cambio (Rueda de la Fortuna), de trabajo (ruedas hidráulicas y norias)... pero el carro en Europa tiene también un sentido fúnebre de viaje al Mas Allá, como lo tiene la Barca en Egipto.

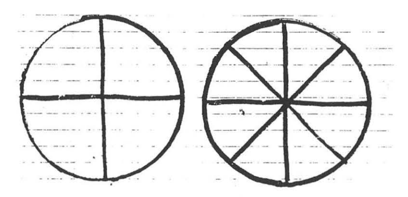


Figura 3
Rueda de Carro

Rosácea

Círculo con rosa de seis pétalos, formada por arcos de circunferencia. Puede aparecer aislada o formando frisos. Aparece en el arte ibérico, vasco, celta y visigodo, y se generaliza en la Edad Media. Según la interpretación mística occidental, la Rosa simboliza el sacrificio y la tragedia.

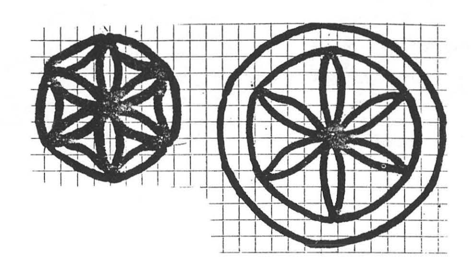


Figura 4
Rosácea

Ying-yang

Símbolo de la dualidad, no se conoce como tal en Occidente hasta los trabajos de los orientalistas europeos del Siglo XIX. En Occidente la dualidad se expresa en el Arte Rupestre con la vaca y el caballo, y más adelante con los signos de Hermes y Venus, o

con las dos columnas Jokim y Booz. Pero pese a ello el medio «domoe» o la simple «Coma» está presente en el arte vasco y celta.

Más adelante las escuelas de Filosofía oriental y Artes Marciales lo dieron a conocer por todo el mundo. En los años 60, el esnobismo orientalista lo puso de moda, y se le dió el lamentable nombre popular de «Tripi», asociado a las drogas alucinógenas.

Lauburu

Símbolo de las cuatro cabezas, figuradas por cuato círculos, «comas» o espirales. Es un símbolo relativamente moderno, que aparece en la Europa occidental en los grimorios (libros de ocultismo) de final de la Edad Media. Relacionado con la divinidad pagana Hermes-Toth, protector de los magos medievales europeos, se utilizó tallado y grabado como símbolo de salud y protección de la familia y los bienes, y su uso se difundió profusamente a nivel popular por Euskadi y territorios vecinos. En el Siglo XIX los intelectuales vascos lo adoptaron como emblema nacional y patriótico.

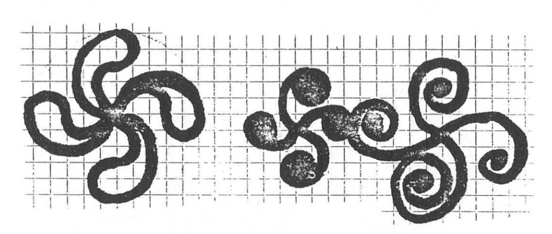


Figura 5
Lauburu

Por un lado no tiene la antiguedad milenaria que algunos le atribuyen, pues no aparece en las estelas arcaicas ni en otros motivos hasta época muy reciente. Por otra parte no es un símbolo solar, además de que el pueblo vasco utiliza otros símbolos solares, comunes a los demás pueblos europeos, como discos, ruedas y espirales. El lauburu es un símbolo de Hermes, y no tiene nada que ver con la svástica, como algunos han insinuado de mala fé y disparatadamente.

Tetraskele y Eguzkilore

Símbolos mandala de la rueda solar en giro. El tetraskele con cuatro u ocho brazos curvados representa a la cruz solar. La eguzkilore o flor solar tiene un número elevado de radios curvos.

Según el sentido de giro de los radios, destrógiro o levógiro, puede tener influencia buena o mala, siendo preponderante el giro positivo. Los radios pueden pasar a ser de arcos de circunferencia a espirales.

Son los signos más profusamente representados desde épocas protohistóricas, incluyendo los escitas, griegos, celtas, vascos y germánicos. Aparece en las estelas romanas e hispanas, y en el arte prerrománico, románico, y en todo el arte popular europeo desde esas épocas.

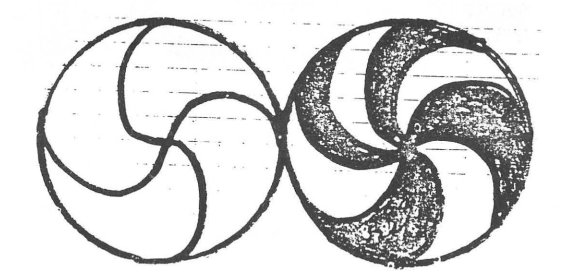


Figura 6
Tetraskele

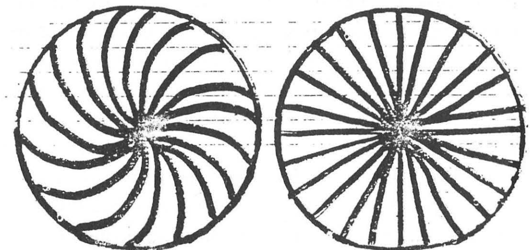


Figura 7
Eguzkilore

Triskele

Mandala de tres radios, que aparece con múltiples formas. En Grecia es el signo de Trinacria (Sicilia griega), con forma quebrada. En el Japón es el signo de la isla de Okinawa y representa tres lunas en giro.

Como signo lunar lo podríamos relacionar con la triple Hécate, que muestra las tres edades del hombre, o con las Parcas que rigen el Destino. Los tres radios pasan a convertirse en Espirales, símbolo griálico de la plenitud.

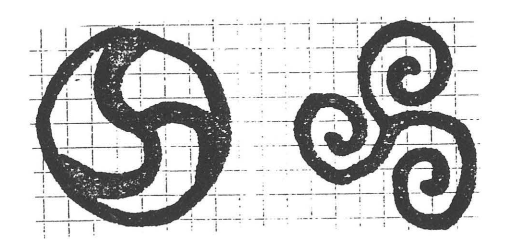


Figura 8
Triskele

El Triskele se difundió masivamente entre los pueblos célticos, y hoy es un símbolo de la cultura celta y de sus aspiraciones de Liberación Nacional.

Espirales

En su origen son un Mandala solar, pero pasan a ser un Grial, un símbolo autosimilar en expansión. Se desarrollan principalmente en la cultura celta y germánica. En los libros miniados celtas aparecen gran cantidad de esquemas que se repiten una y otra vez, nudos y espirales con una visión del mundo de Grial, en el cual materia y forma fluyen y se intercambian.

Triángulos

El triangulo rectángulo (escuadra) o equilátero, representa la divinidad o la infinitud, así como muchas figuras relacionadas con ellos, como los tres círculos. No es en cambio un signo muy popular en Europa, utilizado sobre todo por los grupos gnósticos modernos. Tiene gran uso en Filipinas.

Estrellas

Las estrellas y polígonos estrellados aparecen en Occidente desde el arte rupestre, se generalizan por todas partes, y adquieren diversidad de significados. Los dos triángulos de la Estrella de David representan la interacción del plano divino y humano.

El Pentáculo o estrella de cinco puntas hacia arriba representa al Hombre; y hacia abajo es una cabeza de cabra, de signo nefasto.

Las estrellas aparecen en las estelas vascas antiguas, el arte céltico y los motivos decorativos paleocristianos. Más adelante el arte árabe emplea profusión de poligonos estrellados, realizando frisos y artesonados en los que los elementos se repiten y reproducen... También ellos alcanzaron una concepción de Grial.

Yeserías españolas: propuesta de tipología histórica

Luis de Villanueva Domínguez

Hace años, Torres Balbás[1] dejó sentadas las influencias y los antecedentes históricos de las yeserías españolas. Posteriormente diversos autores han investigado sobre las yeserías, en especial Pavón Maldonado,[2] que ha estudiado meticulosamente los motivos ornamentales y decorativos de las hispano musulmanas, estableciendo rasgos diferenciales y característicos de las diferentes escuelas.

Estudios previos para la investigación científica de los conglomerantes utilizados me han llevado al conocimiento de gran número de yeserías no sólo medievales, sino también posteriores. Estimo interesante, desde un copioso inventario, tratar de realizar una clasificación histórica de nuestras yeserías.

En efecto, la bibliografía sobre yeserías españolas esta muy desparramada sin existir un trabajo monográfico sobre el tema, que facilite su estudio. En la presente comunicación se pretende cubrir este hueco extractando de la bibliografía recopilada lo que a mi juicio parece más esencial y ordenando sistemáticamente el proceso histórico de nuestras yeserías de modo que resulte facilmente accesible a los que se interesan por el tema.

Antecedentes

Siguiendo a Torres Balbás se estudian a continuación los antecedentes históricos de las yeserías hispanomusulmanas medievales.

En primer lugar, hay que indicar la existencia de trabajos ornamentales en yeso en el *arte imperial romano*. Estas obras decorativas de yeso suelen estar divididas en casetones o recuadros, sobre cuyos fondos uniformes, pintados de azul, rojo, blanco o negro, destacan finos y elegantes relieves con representaciones mitológicas.

En territorios no romanizados de la meseta del Irán, durante la *dinastía Sasánida* que gobernó Persia desde el siglo III hasta el VII, aparecen una serie de palacios en los que el yeso fue abundantemente empleado en la decoración superficial. Torres Balbás indica que «muchos de los temas de la yesería... proceden del arte helenístico, pero se ve...la tendencia a geometrizarlos y repetirlos indefinidamente, al mismo tiempo que el relieve se dispone en dos planos, destacandose el dibujo sobre un fondo oscuro». Este autor ve en estas yeserías el antecedente directo de la decoración plana musulmana llamada «arabesco».

En los *alcázares omeyas de Siria* aparecen yeserías a base de una decoración densa y de gran riqueza, sin lagunas, a modo de una alfombra colgada, independientemente de las formas arquitectónicas, cuyo interior rellenan temas vegetales simétricos.

El cambio de dinastía y el consiguiente cambio de la Corte de Damasco a Bagdag acrecentó el empleo de *yeserías en los edificios abasíes* de Mesopotamia, seguramente también con influencias sasánidas. Entre todas destacan las yeserías de Samarra (figura 1). Según Torres Balbás «el aspecto de estas yeserías

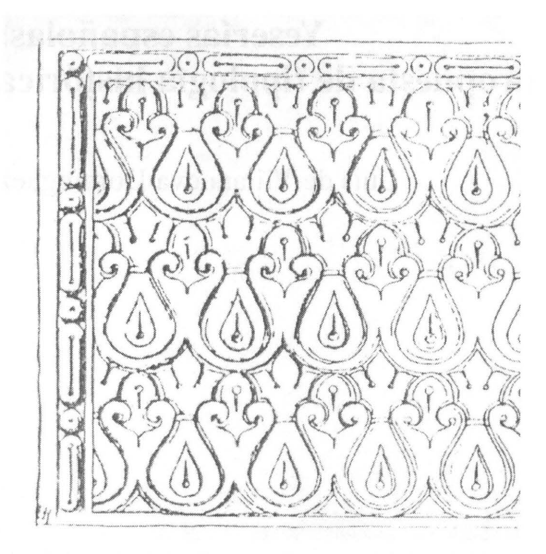


Figura 1
Samarra (Irak). Zócalo de yeso (según Balbás)

nadas entre otras no mayores de sombra, con ausencia total de penumbra de transición».

YESERÍAS CALIFALES

De sobra es conocido que la riqueza ornamental del Califato de Córdoba se desarrolló en piedra y marmol. Sin embargo, hay algún resto de yeserías en Medina Zahara, para sustituir desperfectos en piedra deteriorada, concretamente en el Salón de Abderramán III (953-56). También en la mezquita de Córdoba en la ampliación de Alxakan II (962-75) se empleó el yeso en la decoración de algunas zonas, como en los arcos ciegos del mihrab. Según Torres Balbás, «las decoraciones murales de piedra y yeso cordobesas, un siglo posteriores a las de los palacios Abbasíes y dos a la de los Omeyas, responden al mismo principio de distribución del decorado que las de esas abasíes difiere de las sasánidas y omeyas tanto por el dibujo como por la técnica del modelado. En el primero predominan los juegos de curvas y contracurvas de formas caprichosas, encajadas unas en otras y elementos vegetales estilizados y yuxtapuestos formando composiciones muy densas... Respecto al relieve, tallóse en superficies ligeramente curvas, perfiladas por surcos lineales abiertos con el cincel, talla bien distinta a la biselada predominante en las yeserías sasánidas y omeyas».

Por último, Torre Balbás cita como precedentes de las yeserías españolas medievales las encontradas en *Sedrata* (Argelia). Ciudad en medio del desierto, fundada en el S. X. Sus yeserías aportan los tres temas de la decoración musulmana: el geométrico, representado por trazados muy sencillos a base del cuadrado y del círculo; los florales, más pobres y escasos, convencionales y esquemáticos; y la epigráfica, a base de inscripciones con letras cúficas y pequeñas hojas de tres lóbulos intermedios (figura 2). Según el mismo autor «caracteriza a las yeserías de Sedrata su modelado plano; los temas decorativos destacan vigorosamente sobre un fondo... Tanto la silueta como el detalle se han obtenido por cortes normales o ligeramente oblicuos al plano del fondo, la decoración queda así fragmentada en pequeñas porciones ilumi-

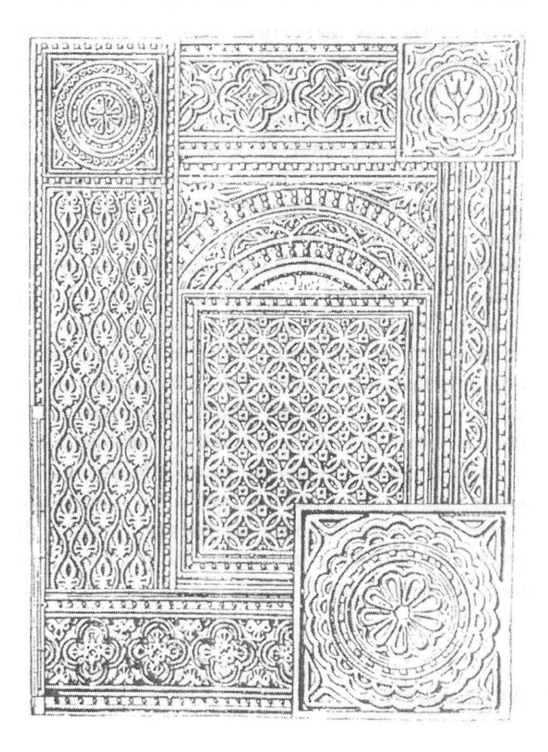


Figura 2
Sedrata (Argelia). Trazas de Yeserías murales (dibujo de G. Marçais)

construcciones orientales, tapizado continuo de los muros de las salas más importantes, encuadrado el adorno dentro de paños rectangulares limitados por cenefas y decoración también recercando los huecos ... También se emparejaron las decoraciones de los palacios orientales y las de los edificios del califato cordobés en el escaso relieve del ornado, dispuesto casi siempre en dos planos paralelos y próximos, destacando el dibujo del superior sobre el liso y en sombra de fondo; en la reducida escala y repetición indefinida de los temas y en su densidad».

Taifas

En el siglo XI con la desmembración del Califato en los reinos taifas se da una localización geográfica de las yeserías, que siguen más o menos de lejos el modelo cordobés.

El *reino toledano* de Almamún tiene gran esplendor en este período. No nos han llegado grandes yeserías, sino restos en patios de algunos palacios de la época, como la de la casa de la la Calle de *Núñez de Arce, 7* y otro en la *Plazuela del Seco*. Las decoraciones son a base de motivos vegetales esquematizados y geométricos, con florones, frutas, palmetas digitadas y tallos hundidos formando espirales.

Otro reino taifa de excepcional importancia para la sistematización de las yeserías hispanomusulmanas medievales es el de *Zaragoza*. En efecto el palacio de la *Aljafería* tiene importantes yeserías en su patio (figura 3). Se trata de arcos mixtilíneos enlazados, ejecutados en yeso, con una ancha franja lisa enmarcando las figuras geométricas y cuajado de decoración vegetal en los espacios intermedios.

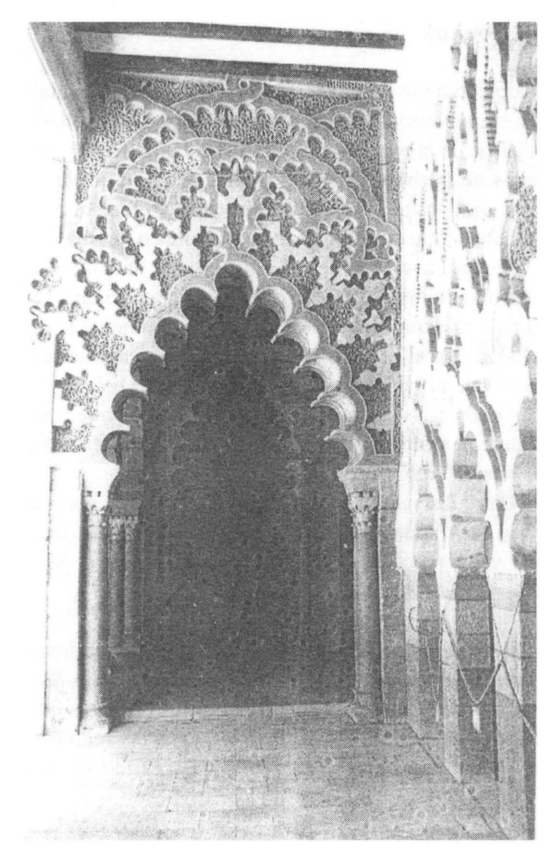


Figura 3
Aljafería de Zaragoza. Yeserías en el patio

Almorávide

De origen africano. El fundador de la dinastía almorávide había construído las mezquitas de Tremecen (1112) y de Argel (1096). Pero el máximo esplendor de este arte se alcanzó algo después, cuando artistas españoles construyen los principales monumentos de Marrakech y Fez y decoran la mezquita de Tremecen. La invasión almorávide de la zona musulmana de la Península va a suponer una unificación de los criterios artísticos y un nuevo impulso a los motivos ornamentales hispanomusulmanes. Según Pavón Maldonado la yesería almorávide tiene como principales características los fondos profundos, los tallos sin hendir extremadamente delgados, las palmetas anilladas con un arillo por cada dos digitaciones y los finos apéndices que sirven para unir los arillos a la palmeta, cuyo borde inferior tiene línea hundida o «acuchillado». Aparecen dos decoraciones: una en el plano inferior que tiende a hacerce compacta y está formada por palmetas digitadas sencillas y otra en primer término, más lisa y rica, de selectas facturas, con predominio de palmetas enlazadas, que se rellenan con vegetales de diferente naturaleza. También aparecen composiciones geométricas que originan arcos mixtilíneos y losanges, así como mocárabes utilizados en arcos y bóvedas, que constituyen una importante aportación oriental.

ALMOHADE

También de origen africano y con un decorado totalmente opuesto a la riqueza del anterior. Desarrollado a partir de la mezquita de Tinmal, se impuso por motivos de purismo religioso y va a tener con la invasión, importantes repercusiones en la arquitectura de la España musulmana, particularmente en Sevilla.

Según Pavón Maldonado, los artistas andaluces al servicio de los Califas Almohades crearon lo que Terrasse ha denominado «décor large» (decoración ancha). En realidad no se inventaron nuevas formas, sino que el cambio consistió en dar nuevos valores estéticos a las formas de repertorio almorávide, mediante la armonía de las proporciones, la austeridad y la pureza de línea.

Entre las yeserías más importantes de este período y en Sevilla destacan la del *Patio del Yeso* del Alcázar y los mocárabes de la bóveda del intradós de la *Puerta del Perdón* de la Catedral.

Fuera de Sevilla, según el citado autor, con criterio almohade se decoran algunas dependencias del *Monasterio de las Huelgas en Burgos,* los primeros edificios nazaríes en Granada y las yeserías recientemente descubiertas en *Córdoba (Plaza de los Mártires).*

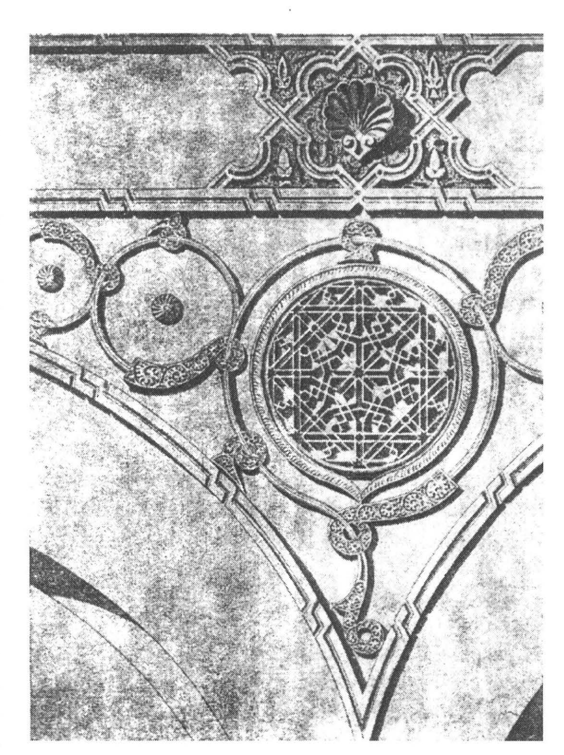


Figura 4
Sinagoga de Sta. María la Blanca en Toledo. Detalle de yesería (según Amador de los Ríos)

MUDÉJAR TOLEDANO

Después de la conquista de Toledo (1085) los artistas musulmanes que se quedan trabajando en dicha ciudad repiten inicialmente los modelos cordobeses y los del período taifa pero pronto se verán influenciados por el arte almorávide y el almohade hasta el punto que van a fusionarlos en un estilo propio.

Por su importancia excepcional destacan en este periodo las yeserías de la sinagoga de *Sta. María La Blanca* (figura 4). Su novedad está en el equilibrio establecido entre muros lisos y yeserías esquemáticas con equilibrio y austeridad tomados del arte almohade.

También corresponden a este periodo toledano (finales del XI a mediados del XIV) las yeserías del *Patio de los Naranjos* de la catedral de Sevilla, las de los *Sepulcros* toledanos de *Fernán Pérez* (1242) y *Fernando Gudiel* (1278) y las de la *Sinagoga de Córdoba* (mediados del XIV).

Citando textualmente a Pavón Maldonado: «las yeserías toledanas se apartan de las granadinas del siglo XIII: la decoración compacta toledana pierden los tallos mientras que las nazaríes dejan ver todavía los tallos capilares ... las digitaciones toledanas derivan de las almorávides, en tanto que las granadinas sustituyen los anillos almorávides por los triangulillos lisos de la palmeta almohade ... Los artistas granadinos se van olvidando de los fondos compactos formados por las hojas digitadas, al tiempo que los elementos se hacen más pequeños y de facturas más virtuosas ... Las yeserías toledanas de factura más gruesa, lucen ritmos, flora y animales islámicos del siglo X y XI».

EL NATURALISMO TOLEDANO

A partir de mediados del siglo XIV la flora cristiana empieza a aparecer en las yeserías toledanas. Según

Pavón Maldonado, los artistas toledanos del siglo XIV supieron aprovecharse de los distintos elementos decorativos de muy diferentess procedencias, en especial de hojas y frutos de inspiración gótica. Yuxtapuestas la decoración musulmana y la nueva flora cristiana, éste ocupa el primer plano, quedando sin embargo el contexto almorávide-almohade, a los que se suman los accesorios ornamentales procedentes de la decoración local de gusto cordobés.

Yeserías de este nuevo estilo son las *Lapidillas de la Iglesia parroquial de Illescas* (1342-1356) el *Palacio de Tordesillas* de Alfonso XI y Pedro I (1340-1354) en especial en el *Patio de la Capilla Dorada* donde el nuevo estilo inunda materialmente muros y arcos.

Son de excepcional importancia las yeserías de la *Sinagoga de El Tránsito* (1354-1357) (figura 5) donde se puede decir que se alcanza la plenitud del estilo.

Por último en el *Alcázar de Sevilla,* como luego se indica, hay abundantes ejemplos de yeserías toledanos de este período.

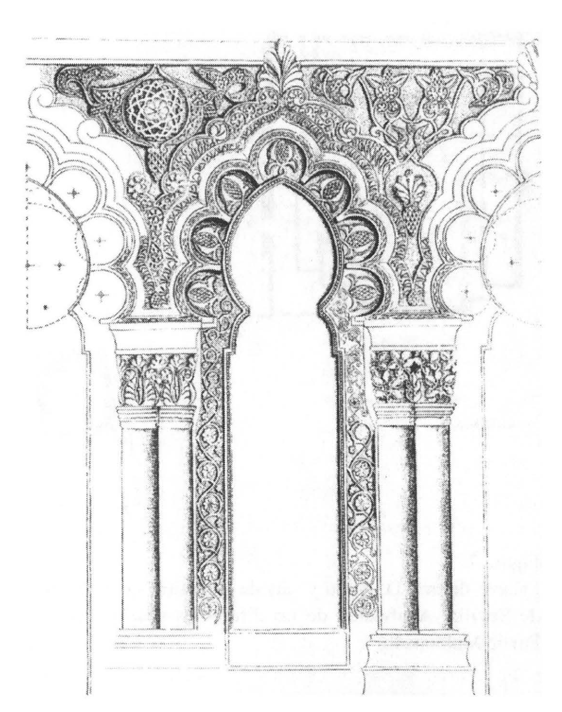


Figura 5
Sinagoga del Tránsito en Toledo. Yeserías en arcos lobulados (según Pavón Maldonado)

MUDÉJAR SEVILLANO

La tradición local sevillana está muy influída siempre por la arquitectura almohade, que deja en esta ciudad monumentos tan emblemáticos como la Giralda y la Torre de Oro.

Después de la conquista de Sevilla en el siglo XIII los mudéjares sevillanos continuan realizando yeserías con esta tradición local.

En 1364 el rey D. Pedro I construye su palacio sobre el solar del *Alcázar sevillano* (figura 6). Para decorar sus dependencias acuden mudéjares toledanos, que ya habían participado en la decoración del Palacio de Tordesillas, que trabajan junto a los artistas locales. Además, las buenas relaciones de este rey con el nazarí Mohamed V hace posible la venida de artistas granadinos para contribuir a dicha decoración. El hecho es de gran importancia y se manifestará en los intercambios recíprocos entre sevillanos, granadinos y toledanos, con influencias muy apreciables en las yeserías posteriores.

Pavón Maldonado describe minuciosamente a quién se deben las diferentes yeserías de este Palacio (figura 7), así como sus variaciones estilísticas.

NAZARÍ GRANADINO

Después de la conquista de la Andalucía occidental, el reino de Granada durante los siglos XIII al XV, queda como único superviviente de la España musulmana, hasta el final de la Reconquista. Ya hemos indicado algunas de las influencias entre los artistas de este reino y los mudéjares toledanos y sevillanos. A partir de la experiencia del Alcázar de Sevilla las influencias aumentan. Así, se nota una influencia naturalista toledana en las construcciones de La Alham-

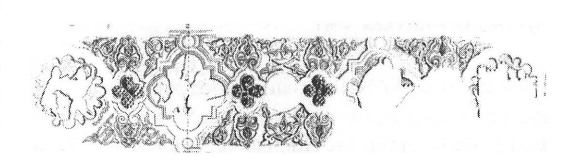


Figura 6
Palacio del rey D. Pedro en el Alcázar de Sevilla. Yesería toledana (según Pavón Maldonado

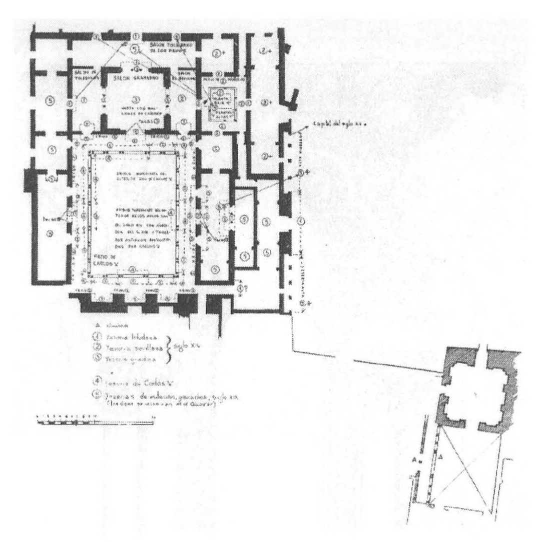


Figura 7
Palacio del rey D. Pedro y sala de la justicia en el Alcázar de Sevilla. Atribución de las diferentes yeserías (según Pavón Maldonado)

bra a partir del último tercio del siglo XIV, donde los mudéjares toledanos trabajan en la decoración de algunas dependencias, en especial en los frisos de la bóveda central de la Sala de la Justicia. Por otra parte, la última fase de las yeserías toledanas, a partir del mismo período se denominan por Pavón Maldonado como la «fase granadina de la decoración toledana» en la que la flexible ornamentación de Toledo de los anteriores siglos fue dando paso a la uniforme y rígida yesería granadina del XIV.

El monumento principal granadino es la *Alhambra* (figura 8), con sus salones y patios profusamente decorados con yeserías en los que el arte hispanomusulmán adquiere las cotas más impresionantes.

MUDÉJAR CASTELLANO

Durante el siglo XIII existe una dependencia toledana de monumentos mudéjares enclavados en Castilla La Vieja, como las Huelgas de Burgos y el Palacio de Tordesillas. A lo largo del XIV y XV el mudéjar castellano se va independizando del toledano, alcanzando rasgos diferenciales.

El edificio más significativo, a mi juicio, es el *Alcázar de Segovia* donde los últimos Trastamaras fijan por largos períodos su residencia y al que siguiendo el ejemplo de anteriores monarcas castellanos decoran en estilo mudéjar, con abundantes yeserías en sus principales y más nobles dependencias. Debemos a Avrial[3] unos excelentes dibujos del Alcázar que en parte compensan el mal estado en que nos han llegado algunas yeserías después del incendio (figura 9).

En Segovia hay más yeserías, como las de la *iglesia del Corpus,* antigua sinagoga con importantes relaciones con Sta. María La Blanca, y las del *palacio del rey D. Enrique IV,* con mucha influencia gótica.

También dispersos por Castilla y León encontraremos yeserías como la de Olmedo, Cuéllar, Sahagún, etc. que forzosamente deben ser objeto de un estudio más particularizado.

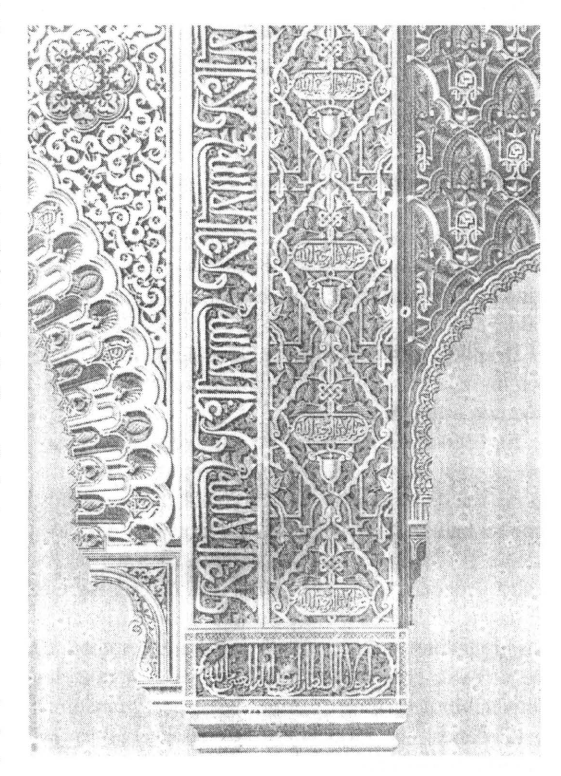


Figura 8
Alhambra de Granada. Detalle de la yesería en el arco central del patio de los leones

Yeserías góticas

La influencia de los motivos decorativos cristianos, en especial las flores góticas, en las yeserías mudéjares es muy importante y así se indicó antes al hablar del estilo naturalista toledano. Pero aquí pretendo referirme a yeserías de trazado totalmente gótico como la aparecida recientemente en el *Alcázar de Segovia.* Son muy raras ya que, como se sabe, el gótico fue fundamentalmente realizado en piedra, pero en una clasificación sistemática no podían dejar de citarse.

Yeserías platerescas

Con la llegada del renacimiento, en un primer período plateresco, se produce una total renovación de los motivos ornamentales, aunque la ejecución y la

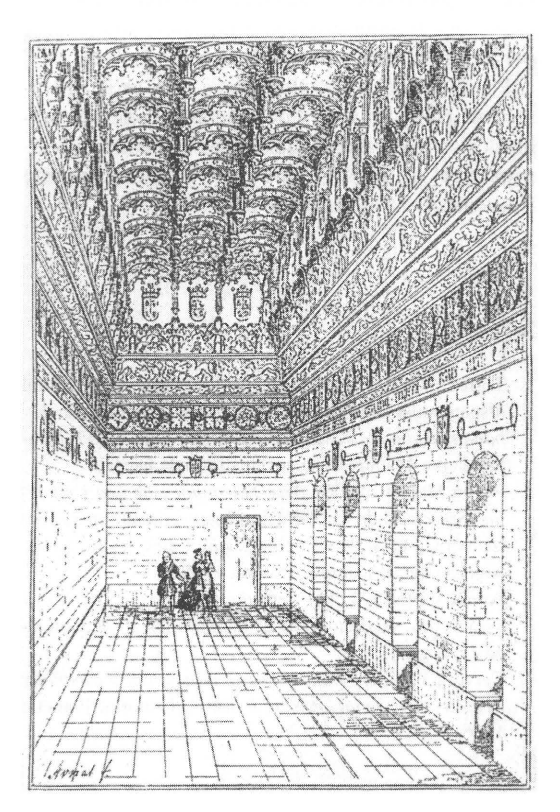


Figura 9
Alcázar de Segovia. Sala del Cordón (según Abrial)

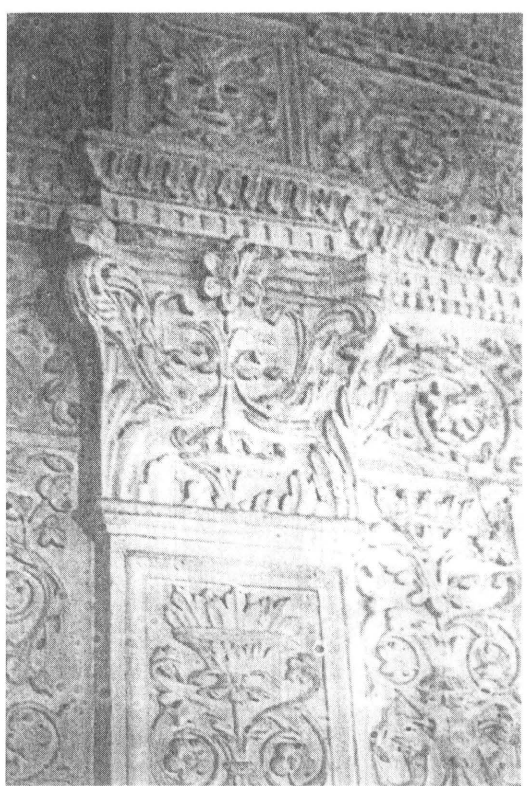


Figura 10
Paraninfo de Alcalá de Henares. Detalle de yesería plateresca

densidad decorativa siguen siendo similares a las de las yeserías mudéjares.

Tienen mucho interés las yeserías de *Alcalá de Henares,* en especial las del *Paraninfo* (figura 10) y las de la *Capilla del Colegio de San Ildefonso.*

Los Corral de Villalpando

Tipo aparte merecen los trabajos protobarrocos realizados en yeso, por los hermanos Del Corral. Según Cervera Vera[4] «De su mano salieron figuras de reyes profetas, evangelistas, ángeles y genios, representaciones de cariátides, hermes, sibilas, virtudes y arpías, convencionales bichas, animales y búcaros, alegorías de trofeos y motivos decorativos como festones, conchas, cartelas o epigrafías. Todo ello ar-

moniosamente dispuesto en recubrimientos de composiciones arquitectónicas»

Las principales obras se refieren a capillas y coros en iglesias y se situan en *Villalpando, Medina de Rioseco, Medina del Campo y Rodilana.* También dejaron una obra civil en el interior de la *Casa Blanca de Medina del Campo* (figura 11).

Yeserías renacentistas, manieristas, barrocas, rococó y neoclásicas

Despues de El Escorial las yeserías abandonan la decoración mural y los trabajos en yeso se utilizan en los cuerpos moldurados, como capiteles y cornisas y en la decoración de los techos, con interpretaciones clásicas de molduras, cenefas, nervaduras, arcos, descomposición de bóvedas, casetones, etc. Menos o más decorados, siempre con motivos grecorromanos, en función del estilo arquitectónico al que se adaptan.

Son tan abundantes los ejemplos que el intento de enumeración podría excluir sin pretenderlo obras de gran interés.

Aunque no son frecuentes en España, conviene indicar la existencia de yeserías rococó, en los que la decoración en yeso vuelve a ser exuberante invadiendo los lienzos de las paredes.

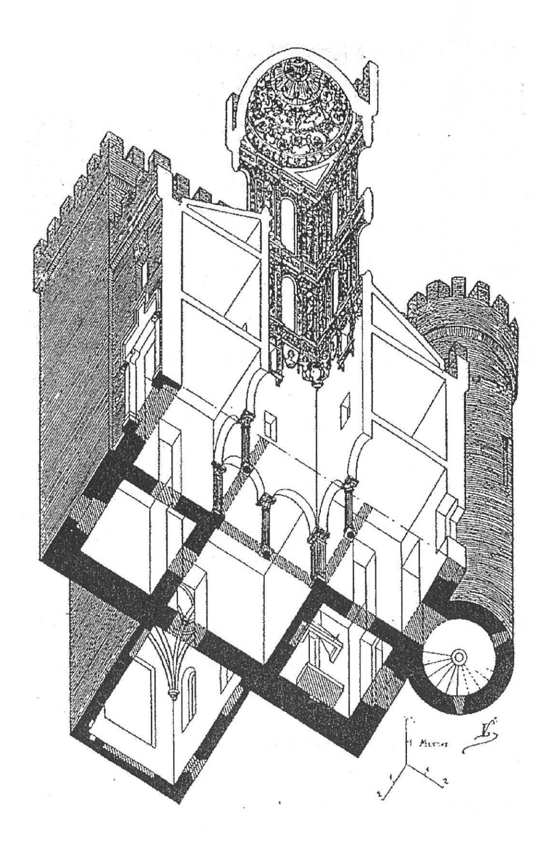


Figura 11
La Casa Blanca de Medina del Campo (según Lampérez)

Yeserías neomudéjares y otras más recientes

Con el neomudejar vuelven a relizarse yeserías murales de gusto hispanomusulmán. Se imitan con mejor o peor fortuna motivos mudéjares, utilizandose por lo general técnicas de vaciados con moldes.

Por último deben considerarse, una serie importante de bultos en yeso y de cenefas decorativas, utilizados en la ornamentación de las fachadas a principios del siglo XX, que son particularmente frecuentes en la arquitectura madrileña

Notas

1. Torres Balbás, L., «Precedentes de la decoración mural hispanomusulmana» en *Crónica arquelógica de la España musulmana* XXXVII. 1955. *Obra dispersa* I, recopilada por Manuel Casamar. Instituto de España.
2. Pavón Maldonado, B., *Arte Toledano: islámico y mudéjar.* Secretaría de Cooperación Internacional y para Iberoamérica. D.G. de Relaciones Culturales. Instituto Hispano-Arabe de Cultura. Madrid, 1988.
3. Avrial y Flores, J. M., *Segovia pintoresca y el Alcázar de Segovia,* reedición por el Instituto Diego de Colmenares, Segovia.
4. Cervera Vera, L., *Historia de la Arquitectura española. Arquitectura renacentista,* Tomo 3, Editorial Planeta. 1986.

Tecnología de la construcción arquitectónica del edificio de los almacenes generales de comercio del puerto de Barcelona

Joan-Luis Zamora i Mestre

Un almacén general de comercio es un edificio portuario donde se conservan, sin pagar derechos de importación, las mercancías provenientes del extranjero y de las colonias que han de volver a ser reembarcadas.

El proyecto de esta obra fue firmado por el ingeniero Sr. Mauricio Garran, el 31 de marzo de 1881, poco antes de ser destituido del cargo de primer director de la Junta del Puerto de Barcelona. La lenta construcción de este edificio a caballo de los siglos XIX y XX le ha convertido en un buen ejemplo donde evidenciar los rápidos cambios de la técnica constructiva en el periodo de la industrialización.

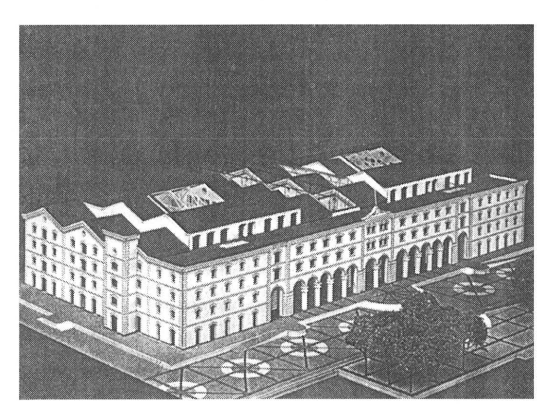


Figura 1
Vista de conjunto de la maqueta del proyecto de rehabilitación del edificio

En la actualidad este edificio ha sido reconvertido y aloja un complejo de oficinas, restaurantes y el Museo de Historia de Cataluña.

UN CAMBIO CONCEPTUAL

Durante este periodo se produce un cambio de papeles en la construcción de edificios. Los muros dejan de ser los responsables de la sustentación de los techos y los nuevos forjados pasan a substituirlos, sosteniendo incluso a los propios muros que acaban actuando puramente como cerramientos.

En este edificio nos hallamos en un estadio intermedio de esta transición: su estructura interior está formada por pórticos de barras metálicas, mientras que los muros circundantes son de obra de fábrica autoportante. Se trata pues de dos estructuras aparentemente independientes, tan solo conectadas mutuamente para mejorar la trabazón mutua frente a las acciones horizontales.

La estructura de pórticos resulta de gran eficacia cuando se requiere un espàcio diáfano capaz de soportar importante cargas. Los gruesos muros de albañilería continúan siendo el mejor cerramiento, considerando su favorable relación coste-calidad, cuando se trata de proteger a las mercancías de las inclemencias atmosféricas, el fuego y el robo.

La solución convencional en aquella época consistía en levantar una estructura formada por techos de vigas metálicas y bovedilla cerámica apoyados si-

multáneamente sobre los muros de albañilería perimetrales y los pilares centrales de fundición. Sin embargo la experiencia demostraba que esta solución presentaba notables problemas de compatibilidad de deformaciones entre ambas estructuras que acababan por afectar a los forjados.

Espesor, aislamiento y durabilidad

El importante espesor de los muros de este edificio, resulta difícil de comprender desde nuestra perspectiva actual puesto que no ostentan ninguna responsabilidad estructural directa. Su espesor sirve para proteger el ambiente interior de la agresividad exterior (frío, fuego, agua, radiación, polvo, etc.), para arriostrar la estructura metálica frente a las acciones sísmicas y eólicas) y para actuar de cortafuego . En caso de incendio, la estructura metálica interior se desplomaría mientras que los muros perimetrales permanecerian en pie prácticamente inalterables y protegiendo así las mercancías de los almacenes vecinos.

La tecnología de la construcción actual insiste en reducir la masa material en los elementos constructivos para así conseguir una mayor economía y funcionalidad . Esta tendencia empieza ya a ser contestada por algunos arquitectos que han tenido la oportunidad de comprobar el buen comportamiento a largo plazo de los edificios que como éste disponen de muros de cerramiento macizos y homogéneos de gran espesor. Así se obtiene un correcto aislamiento que convierte al espacio interior en un ambiente «fresco y seco» todo el año, adecuado para la función de almacenaje.

Uno o dos edificios

Al hablar de este edificio como una unidad se perpetua una imprecisión desde el punto de vista tipológico y constructivo. Su programa funcional comprende dos usos bien diferenciados. El uso propiamente dicho de almacén, orientado hacia las necesidades de las mercancías y el uso residencial orientado a dar cobijo a los trabajadores en sus labores de administración y mantenimiento.

Esta dualidad da lugar a una composición arquitectónica de dos edificios claramente diferenciables pero con una sola imagen urbana. El uso de almacén se ubica en el edificio más voluminoso, dotado de una estructura porticada de pilares y bigas roblonados de acero laminado, independiente de los muros que la contienen, y cubierta con un tejado a dos vertientes, como corresponde a un edificio industrial de la época.

El uso residencial en cambio, se ubica en un edificio de estructura de pilares de fundición y de muros portantes de ladrillo, cubierta con una azotea transitable a la catalana, como corresponde a la tradición constructiva de la vivienda en la ciudad de Barcelona por entonces. Incluso es en este edificio donde el proyectista ubica los elementos decorativos arquitectónicos que ostenta el edificio. Esta diferenciación compositiva y constructiva se extiende también a tantos otros aspectos de detalle como la tipología de bovedillas de los techos, los patios de ventilación o las propias cimentaciones.

En esta sección se aprecia con facilidad la diferenciación constructiva y compositiva entre los dos cuerpos de edificación

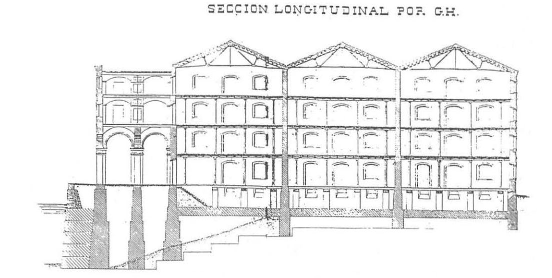


Figura 2
Plano del proyecto original . Hoja nº 6. Sección longitudinal.

La cimentación

Cimentar un edificio de estas características cerca del mar y planteado como una estructura adosada a un muelle, implica entre otros los siguientes retos:

– Apoyar sobre un terreno de aluvión reciente
– Ganar terreno al mar para dotar de suficiente calado al muelle
– Evitar la interacción del muro de contención del muelle y el edificio.

La arena de playa es una base muy franca para cimentar, gracias a su facilidad para asentar y drenar

rápidamente, pero hay que prevenir siempre su desplazamiento lateral, es decir, inmobilizarla respecto del arrastre de la corriente marítima. Este confinamiento de la arena se ha conseguido desde siempre rodeándola de recintos. En este caso los recintos están formados por el descenso de los muros perimetrales de cerramiento del edificio hasta hincarse suficientemente en el lecho de arena. Un vez construida esta retícula de recintos cerrados el conjunto se rellena de nuevo con arena compactada hasta alcanzar el nivel del plano de cimentación.

Encima de esta base se forja una losa maciza de hormigón de 1 metro de espesor, realizada con el objetivo de homogeneizar los asentamientos y minimizar cualquier afectación por subpresiones derivadas del ascenso del nivel freático. Encima de esta base y por exigencias del uso de la planta sótano como depósito de líquidos a granel se levantaron unas pilas de obra de albañileria enlazadas por arquerías alineadas en el sentido opuesto a los pórticos superiores.

Toda esta obra fue realizada totalmente bajo el nivel del mar, bombeando constantemente el agua infiltrada y aportando cantidades importantes de arena.

El aislamiento higrotérmico de la cubierta

En el estudio histórico de la tecnología de la construcción arquitectónica, tanto valor tiene aquello que ha sido proyectado como aquello que realmente ha sido ejecutado. Eso es así porque las soluciones proyectadas nos hablan de las inquietudes de los técnicos de la época. En cambio,las soluciones finalmente ejecutadas nos hablan de la situación de la tecnología realmente disponible en el mercado.

La estructura de la cubierta de este edificio está formada por unas cerchas que descansan sobre los muros de cerramiento y no sobre la estructura interior como hubiera parecido obvio. Ello confiere mayor estabilidad a los muros perimetrales y da continuidad al cerramiento.

La cubierta inclinada tiene, en este tipo de edificios una notable ventaja funcional: la posibilidad de aprovechar el espacio libre inferior, la buhardilla, como almacen diáfano donde fácilmente ubicar las mercancías más ligeras y voluminosas. Esta posibilidad exige que el ambiente bajo cubierta esté perfectamente aislado respecto las oscilaciones higrotérmicas exteriores. Desde este punto de vista funcional la cubierta ideal sería una estructura de pares inclinados según la vertiente y aislados inferiormente mediante un falso techo que siguiera la directriz de la vertiente de la cubierta.

En el caso de este edificio la cubierta proyectada inicialmente era una cercha tipo «polonceau», con un falso techo inferior inclinado forjado con bóveda de ladrillo a la catalana, macizada superiormente para aumentar su estabilidad, aunque aligerada en los riñones.

Sin embargo, durante la construcción el proyecto fue modificado y la cubierta fue resuelta finalmente con una estructura de pares inclinados en celosía, armados con un tirante y un pendolón para mejorar su deformabilidad y resistencia. Aun así se mantuvo el interés en conseguir un falso techo con la misma pendiente que la cubierta, en este caso a base de placas planas autoportantes soportadas entre correas como si de un forjado se tratase.

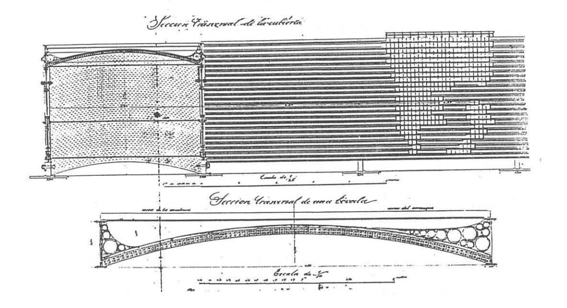


Figura 3
Plano del proyecto original. Hoja nº 11. Vista de la bóveda prevista para el falso techo inferior de la cubierta

La teja plana

La transición del S. XIX al XX vivió la euforia de los materiales de construcción moldeados de la misma forma que nuestra época ha vivido la euforia de los materiales laminados y extrusionados. La condición indispensable para que un material sea moldeable es que presente una fase plástica durante su proceso de fabricación. Este es el caso de la cerámica durante su fase de arcilla saturada anterior a la cocción.

El moldeo mecanizado de pequeñas piezas permite adaptar la forma de las piezas a su función según crite-

rios científicos y de ahorro de material. Se obtiene así una teja ligera, resistente, nervada, encajable con la base del soporte y con el resto de tejas en seco, sin la presencia necesaria de mortero hidráulico que garantice la unión mecánica y la estanqueidad entre las piezas.

Esta formalización de la teja requiere disponer de un conjunto de piezas especiales para resolver los coronamientos, limahoyas, limatesas, puesto que ya no disponemos ni del auxilio del mortero ni la polivalencia formal de la teja árabe.

Convivencia del roblón y del tornillo

En la construcción de edificios, la unión tradicional entre barras ha sido siempre el pasador en sus diversas formas (clavo, tornillo, roblón, perno, etc.) aplicado inicialmente para la madera y perfeccionado posteriormente con los metales. El pasador permite el trabajo conjunto de las piezas sin que estas renuncien a su individualidad, cualidad que facilita tanto el proceso de cálculo, como la construcción y posterior mantenimiento de la estructura.

En este edificio tanto los pilares como las jácenas fueron preparados en taller mediante la unión de pequeños elementos de acero laminado, mediante roblonado en caliente. Una vez en obra pilares y jácenas se montaban y conectaban entre si mediante tornillos roscados en frío. Ambas técnicas, tornillo y roblón conviven pues en el mismo edificio buscando únicamente la optimización de los procesos de ejecución.

La universalización actual de la soldadura, por su bajo coste y altas garantías de calidad, ha batido en retirada a las técnicas del pasador que han pasado a ser utilizadas en situaciones extraordinarias. La soldadura es una antigua técnica de unión entre metales pero su implantación generalizada en estructuras tardó en llegar hasta que no se garantizó su comportamiento resistente. La técnica de la soldadura de chapas metálicas se hizo adulta en la industria naval por la necesidad de garantizar uniones resistentes, continuas y estancas en el casco de las naves.

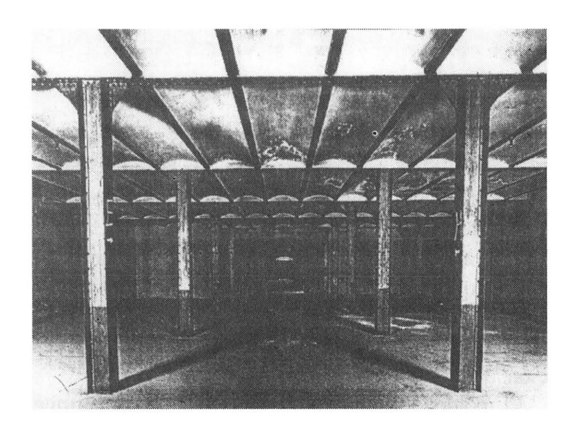


Figura 4

La obra de fábrica

Las paredes interiores fueron levantadas con mampostería ordinaria, la obra de fábrica de albañilería realizada con piedra de cualquier tamaño y procedencia, con una sola cara plana, con aportaciones de trozos de ladrillo y teja cerámica que hacen la función de ripios, todo unido con mortero de cal y finalmente revocado por ambas caras.

Esta heterogeneidad del «todo es aprovechable» la convirtió en la obra de fábrica más común en la Catalunya pre-industrial. En edificios públicos como este el ladrillo cerámico se utilizaba únicamente para resolver los encuentros singulares (dinteles, jambas, zócalos, machones y verdugadas) con el fin de coser la obra y facilitar el maestreado de las aristas visibles.

Recordemos que por esa época el ladrillo era todavía un material caro por el coste elevado de la energía que consume su cocción y transporte. Cuando la energía térmica y eléctrica lleguen a estar presentes en todo el territorio a un precio asequible, el ladrillo se convertirá finalmente en el material genérico para la edificación industrial y la residencia obrera.

Como anécdota de esta implantación creciente del ladrillo cabe remarcar el hecho que este edificio recibió durante la Guerra Civil (1936-1939) algunos impactos de bomba y metralla que hicieron mella en sus fachadas. Ello no fue obstáculo para su fiel reconstrucción durante la postguerra puesto que la tecnología utilizada en su construcción alcanzó su punto álgido de aplicación en las décadas 1930-1950 de este siglo.

La ejecución

En la construcción de este edificio son tan interesantes los contenidos tecnológicos del proyecto como los medios materiales movilizados para su ejecución.

Una obra de estas características solo era posible en aquel tiempo si se realizaba dentro de un entorno favorable al transporte de materias primas. En este caso el Puerto de Barcelona garantizaba por su carácter de nodo de concurrencia de mercancías el suministro de arena de la propia playa, el suministro de ladrillos provenientes del llano arcilloso de Barcelona, el suministro de la cal viva del macizo de Garraf, el suministro de la piedra de las canteras de Montjuïc, el suministro del metal de la fundición de las Atarazanas y la Barceloneta y el suministro del cemento de la Granja d'Escarpe, río Ebro aguas arriba.

La complicación de la ejecución de la cimentación aconsejó al proyectista a desestimar su valoración económica previa en el proyecto. En la documentación de éste solo se hacía especial mención de la necesidad de contratar la ejecución de esta parte de obra por el sistema de administración.

La realización de la obra se programó y llevó a cabo a lo largo de seis años puesto que se trataba de un edificio de ejecución compleja y de alta responsabilidad. Además, las obras fueron interrumpidas durante breves periodos de tiempo (nunca superiores a seis meses) por exigencia expresa del proyecto con el objetivo de favorecer el asentamiento de la obra.

Naves de arcos diafragma y techumbre de madera en la arquitectura civíl valenciana

Arturo Zaragozá Catalán

El sistema constructivo de arcos diafragma y techumbre de madera es aquel que está formado por una serie de arcos dispuestos transversalmente al eje longitudinal de la nave que se pretende cubrir. Los arcos tienen la función de soportar la cubierta del edificio. La techumbre es generalmente de madera aunque en algún caso se forme con losas de piedra.

Etimológicamente la voz diafragma proviene del griego «diaphragma», que significa separación, barrera, obstrucción. Llamamos arcos diafragma a aquellos que, como su nombre indica, estrechan la nave en la que se sitúan. De hecho pueden considerarse, igualmente, como muros perforados por arcos dispuestos transversalmente a la nave que cubren. La techumbre o armadura descansa sobre estos muros.

Este sistema constructivo posee ventajas e inconvenientes que lo caracterizan y que han marcado el desarrollo y la difusión de su uso. El sistema de arcos diafragma y techumbre de madera, paradójicamente para el nombre que recibe y el aspecto que tiene, es el que menor coste en madera requiere para su construcción. Frente a las construcciones abovedadas no requiere las costosas cimbras de madera que eran precisas para su montaje. Frente a las cubiertas de madera se ahorran las grandes escuadrías de los pares o tirantes de las armaduras de par y nudillo o de las cerchas. De hecho el arco diafragma hace el papel del cuchillo en estas cubiertas. El punto débil del sistema es la fragilidad de la construcción por el empleo de madera en la techumbre. Este material es fácilmente combustible y por su situación está expuesto a humedades.

El origen de este sistema de producción de espacios cubiertos es intemporal. Su aparición y persistencia en muy diversas arquitecturas vernáculas así lo indica. No obstante, el área de dispersión del sistema se ciñe, casi exclusivamente, a los países ribereños del mediterráneo. Estos territorios tienen un bosque débil, pobre, de poca altura y en regresión. El sistema es particularmente adecuado para esta zona en la que la buena madera se ha reservado tradicionalmente para construir barcos.

La arquitectura romana utilizó el sistema de arcos diafragma. Existe de ello amplia constancia arqueológica. Basta recordar las basílicas civiles, los templos y las viviendas de la región de Haurán, en Siria. A finales del siglo XII el sistema reapareció en la arquitectura culta, utilizando con pleno sentido estructural, en los monasterios cistercienses del occidente mediterráneo. Al comienzo su empleo se limitó a la construcción de dependencias. Hay ejemplos bien conservados y conocidos en los monasterios de Fossanova en Lazio; Lagrasse y Fontfroide en Languedoc y Santes Creus y Poblet en Cataluña. El sistema de arcos diafragma conocería, a lo largo de la Edad Media, una notable fortuna; el sistema se utilizó, indistintamente, para la construcción de edificios de uso industrial, civil, o religiosos. La construcción de iglesias con arcos diafragma y techumbre leñosa está documentada desde mediados del siglo XII. Durante el resto de la Edad Media una asombrosa cantidad de



Figura 1

parroquias, capillas e iglesias de conventos mendicantes se construyeron con este sistema en los países del mediterráneo cristiano.

Este sistema constructivo se presenta asociado, en la Edad Media, con los valores mas característicos de lo que se ha dado en llamar el gótico meridional; la nave única, el predominio de las formas estáticas y del muro frente al vano, el rigor constructivo y la elementariedad estructural. Aunque su desarrollo coincide con el de la arquitectura gótica, solo de forma convenida puede recibir este nombre. La herencia romana lo definiría mejor.

Las naves de arcos diafragma y armadura de madera forman el capítulo mas extenso de la arquitectura medieval valenciana. Este episodio arquitectónico no es, ciertamente, el mas audaz o brillante. Los edificios que lo constituyen no son particularmente espectaculares y se encuentran, por lo general, terriblemente mutilados, transformados o enmascarados. a pesar de ello tienen un gran atractivo. Su interés radica en que muestran, de forma mas evidente que otras, la vida cotidiana de la Valencia medieval.

Sin el conocimiento de estas construcciones no podría comprenderse el espacio que conformaba la vida diaria del mundo medieval valenciano. Desconoceríamos las formas que adquirían la «Flecas», hornos donde se fabricaba y cocía el pan de cada día. Indicativo de la vida que transcurrió por estos espacios nos informa el refrán valenciano que dice «En el forn y en el riu tot se diu». Lo mismo podría decirse de los almacenes donde se guardaban las cosechas o se pagaba el diezmo, los molinos donde se extraía el trigo y el aceite, las atarazanas donde se construían los barcos... y así podría seguirse con otras muchas construcciones de uso cotidiano como las naves de los hospitales, las dependencias de los conventos, las sedes de las cofradías y hasta cierto tipo de puentes. El sistema de arcos diafragma conformó igualmente, el grupo mas abundante de las construcciones mas significativas de la época: las iglesias.

ARQUITECTURA CIVIL VALENCIANA DE ARCOS DIAFRAGMA

La arquitectura civil e industrial de arcos diafragma es muy abundante en tierras valencianas. Lamentablemente es difícil ajustar las dataciones. Los edificios industriales suelen documentarse por el ingenio que guardan, no por la nave que los cobija. Para mayor dificultad de análisis en estas construcciones, la decoración suele ser escasa cuando no inexistente. En territorio valenciano quedan excelentes ejemplos de naves de arcos diafragma utilizados como hornos de pan, molinos, almacenes, atarazanas, puentes, dependencias conventuales, salas de castillos y cofradías.

El horno de pan tradicional valenciano, ya suelto, o encajado en el interior de un edificio, está formado por una cúpula de gruesa obra de fábrica y un pavimento de losas. Esta construcción recibía el nombre de «olla» . Tenía una abertura para alimentarlo de leña, introducir los panes y vigilar la cocción. Junto a ésta se situaba la chimenea. Normalmente el horno,

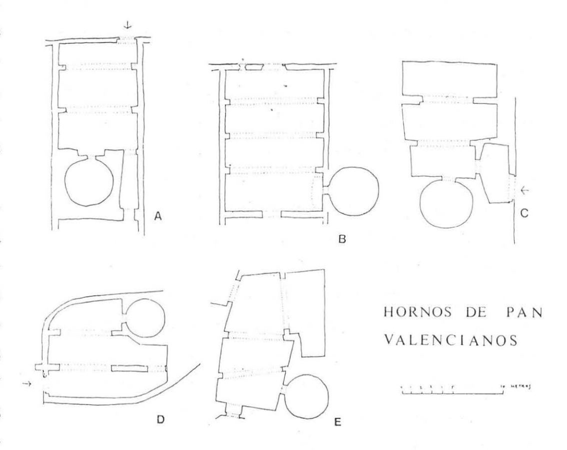


Figura 2

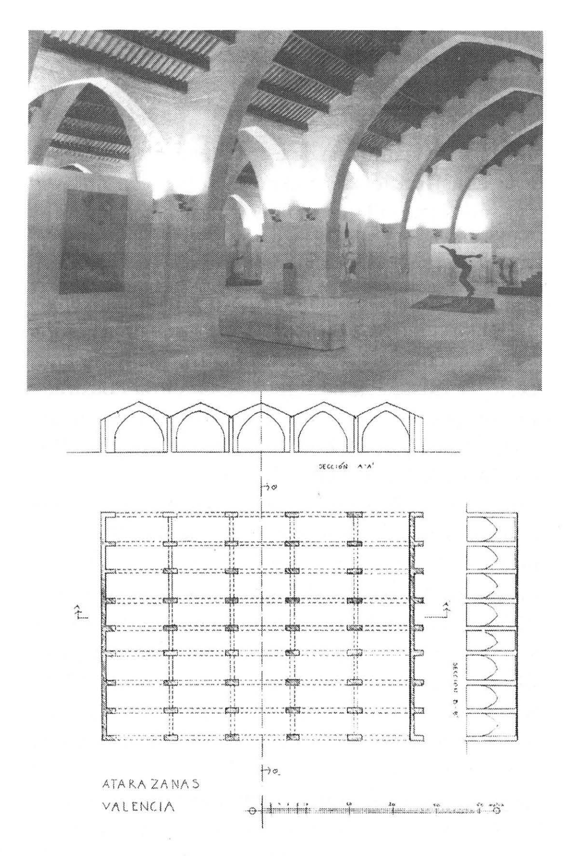


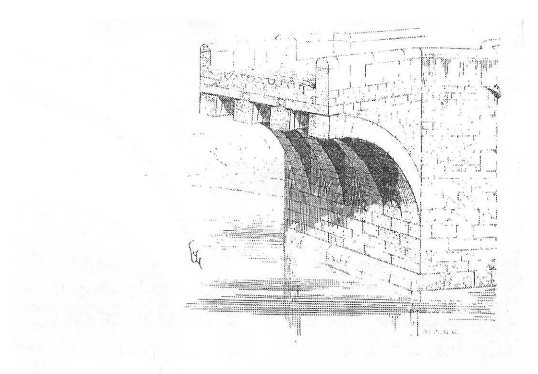
Figura 3

propiamente dicho, quedaba en el interior de una sala que servía para almacenar la leña, amasar el pan y preparar las viandas. Este local recibía el nombre de «Fleca». Esta sala, se construía, generalmente, mediante el sistema de arcos diafragma y techumbre de madera.

Los hornos tradicionales se mantuvieron intactos hasta época muy reciente. La industrialización del pan ha provocado la destrucción de muchos ejemplos en nuestros días. No obstante puede citarse los hornos, todavía en uso, de Olocau del Rey y San Mateu. El primero puede ser el instituido en un documento de 1272. Está formado por una estrecha nave de arcos diafragma de trazado apuntado. En alguna época indeterminada se sustituyó la cubierta de madera por una bóveda de mampostería. El segundo está documentado desde el siglo XIV. Este último por carecer de innovaciones y transformaciones puede considerarse de interés excepcional. Es el único horno medieval valenciano que subsiste, intacto y en uso, de los centenares que hubieron. Este horno consta de una nave rectangular de 8 x 11 metros. Dos arcos diafragma de 7 metros de luz, de trazado apuntado, tendidos desde el suelo, se sitúan a través de la nave. Otros hornos medievales, dignos de ser mencionados, aunque estos han perdido su función original al haber sido convertidos en museos, son los de Llíria y Alpuente.

Entre los molinos cabe mencionar el «Molí la font» de Traiguera. Este edificio está documentado desde 1281. El molino está formado por una nave rectangular de 26 x 12,50 metros. Se organiza mediante cinco diafragmas de doble ojo que llevan arcos de medio punto, formando, al quedar alineados, dos naves.

Los almacenes medievales, de distintos usos, son



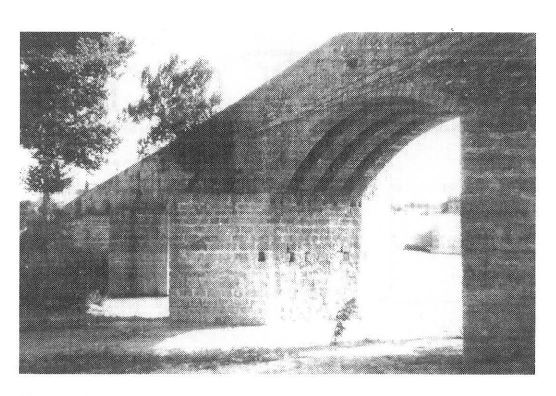


Figura 4

muy numerosos. El sistema siguió utilizándose para esta misma función hasta el siglo XVIII. A esta última época pertenecen tres magníficos ejemplos: «El diposit» de Ollería (quizás un depósito de grano), los «Almacenes del Mar» (depósito de embarque) del puerto de Benicarló, y «El Campás» de Torreblanca, gran almacén de 18 × 37 metros y prestancia basilical. Este almacén está compuesto por siete diafragmas de 3 ojos cada uno que forman, al alinearse, tres naves.

El único edificio medieval destinado a la construcción de buques que subsiste en la región, sigue el sistema de arcos diafragma: son las atarazanas del grao de Valencia. Este singular edificio tiene una superficie aproximada de 3.500 m^2. Sus dimensiones lo convierten en la mayor superficie cubierta de la arquitectura medieval valenciana. Está formado por cinco naves paralelas atravesadas, cada una de ellas, por nueve arcos diafragma de trazado apuntado de 11 metros de luz. Las naves están, a su vez, intercomunicadas entre sí por arcos. Estas atarazanas se comenzaron en 1410 por el mestre pedrapiquer Francesc Tona.



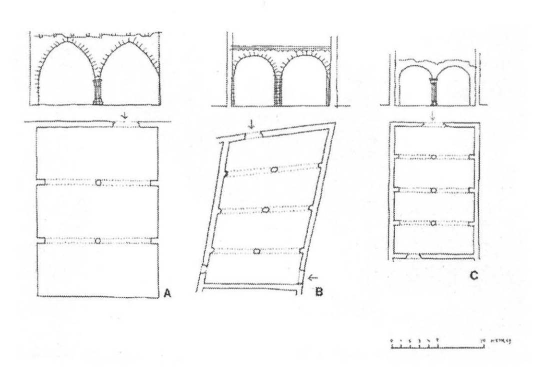


Figura 5

Prueba de la difusión de este sistema es su ejemplo en la construcción de puentes. Se utiliza, en este caso, mediante hileras de arcos dispuestos en paralelo que se tienden entre las pilas, de doble tajamar, de un puente. Un tablero de losas, dispuesto entre los arcos, forman el pavimento. Se sigue también, en estas construcciones, disposiciones constructivas ya utilizadas en la arquitectura romana. Viollet-le-Duc señaló la existencia de este sistema en la construcción de puentes en la Francia medieval, especialmente en la región de Poitou, a finales del siglo XII o comienzos del siglo XIII.

En tierras valencianas conocemos dos excelentes ejemplos idénticos a los franceses. Uno de ellos es de considerable interés; El puente de Santa Quiteria, sobre el río Mijares, situado entre Almassora y Vila.real. Tiene 124 metros de longitud y 8 arcadas formadas, cada una, por 4 arcos dispuestos en paralelo. Las arcadas llegan a alcanzar luces de 12,70 metros. Se conocen noticias documentales, de otro puente aunque de menor tamaño, en Onda, sobre el río Sonella.

El sistema de arcos diafragma y techumbre de madera se utilizó muy frecuentemente para construir dependencias conventuales. Quedan restos de construcciones de este tipo en el monasterio cisterciense de Santa María de Benifassá, en la cartuja de Portaceli y en los conventos de San Francisco en Morella, El Carmen de Valencia, y Santo Domingo de Xátiva.

La utilización del sistema en salas de castillos o residencias palaciegas fue un hecho frecuente en Cataluña y Aragón. En Valencia se conservan las habitaciones de Benedicto XIII en el castillo de Peñíscola, los restos del castillo de Toga, y la gran sala del Castillo de Castielfabib (que tiene una luz superior a 12 metros). Esta última fue mas tarde convertida en iglesia. Actualmente está enmascarada por un revestimiento clasicista formado por tres naves que se alojan dentro del amplio diafragma medieval. El ejemplo mas interesante con este uso es, sin duda, la sala mayor del arruinado Palau del Ardiacá en Xátiva. Esta sala conserva tres arcos diafragma moldurados y de trazado apuntado, una portada lateral de acceso de medio punto y tradición románica y una gran ventana con columnillas geminadas y muy primitivo trazo.

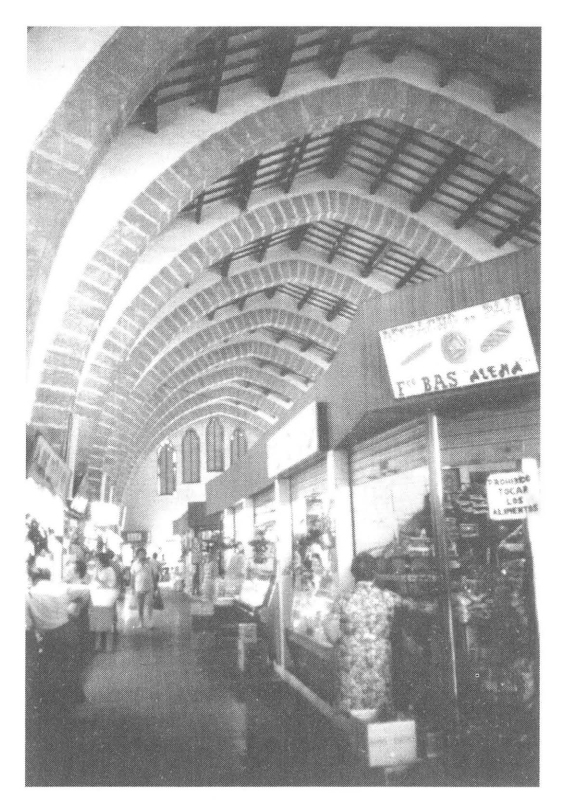


Figura 6

La molduración es idéntica a las partes mas antiguas de la catedral de Valencia y Santa Catalina de Alzira y remite a una cronología del siglo XIII.

Hospitales construidos con este sistema son el de San Marcos de Gandía y el del Buen Pastor en Llíria.

La ermita de Santa Lucía en Morella fue la nave o capilla del lazareto u hospital de leprosos de esta población.

Especial mención por su cuidada labra y elegante traza, merecen el grupo de cofradías de Els Ports de Morella. Todas ellas se caracterizan por estar formadas por una nave de planta rectangular en la que los tres o cuatro tramos en la que se divide se cubren con un forjado de madera que se apea en un diafragma de doble ojo. Se construyeron en los siglos XV y XVI. Hay buenos ejemplos de esta serie en Cinctorres, Forcall y Olocau del Rey.

NOTA BIBLIOGRAFICA

Esta comunicación resume uno de los capítulos de nuestra tesis doctoral que lleva por título «Iglesias de arcos diafragma y armadura de madera en la arquitectura medieval valenciana». La tesis fue leída el 11 de julio de 1990 en la Universidad Politécnica de Valencia, mereciendo la calificación de Apto «Cum laude».

En dicha tesis se recoge una amplia bibliografía sobre diversos aspectos del sistema constructivo de arcos diafragma. La bibliografía sobre las construcciones que siguen este sistema atiende, por lo general, aspectos de erudición, olvidando la historia de la construcción. No obstante, deben citarse los artículos ya clásicos de Leopoldo Torres Balbás, «Naves con edificios anteriores al siglo XIII cubiertas con armaduras de madera sobre arcos transversales»; Archivo Español de Arte T. XXXII, 1959, C.S.I.C., Madrid, pp. 109-119, y «Naves cubiertas con armadura de madera sobre arcos perpiaños a partir del siglo XIII», Archivo Español de Arte, T. XXXIII, C.S.I.C., Madrid, 1960, pp. 13-43.

Índice de autores

Ministerio de Obras Públicas, Transportes
y Medio Ambiente

Instituto
Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid